*Postverlagsort Leipzig*

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT, BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE, BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN, GÖTTINGEN · H. v. FICKER, WIEN · R. GRAMMEL, STUTTGART
O. HAHN, BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN, BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL, UTRECHT · M. v. LAUE, BERLIN · E. v. d. PAHLEN, POTSDAM
F. SAUERBRUCH, BERLIN · H. SPEMANN, FREIBURG I. BR. · H. STILLE, BERLIN · F. v. WETTSTEIN, BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 9 (SEITE 121—136) · 28. FEBRUAR 1941 · 29. JAHRGANG

INHALT:

N. K. Koltzoff †. Von N. W. Timoféeff-Ressovsky. (Mit einem Bildnis) . . . . . 121
Das kontinuierliche Spektrum und die Farbtemperatur der Sonne im Bereich 3000—7000 Å. Von H. Kienle. (Mit 7 Figuren) . . . . . 124
Zur Theorie fester Isolatoren. Von F. Möglich und R. Rompe. (Mit 2 Figuren.) (Schluß) . . 129

Kurze Originalmitteilung:
Sichtbarmachung einer Gitter-Umklappung. Von Georg-Maria Schwab und Elly Schwab-Agallidis . . . . . 134

Besprechungen:
Müller, Eugen, Neuere Anschauungen der organischen Chemie. — Organische Chemie in Einzeldarstellungen, herausgegeben von H. Bredereck und E. Müller. Band I. (Ref.: A. Butenandt) . . . . . 135
Thomson, G. P., und W. Cochrane, Theory and Practice of electron diffraction. (Ref.: Kossel) . . . . . 136
Ruttner, Franz, Grundriß der Limnologie. Hydrobiologie des Süßwassers. (Ref.: A. Thienemann) . . . . . 136

**Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften**

Redigiert in Gemeinschaft mit **F. Hund**

von

**Ferdinand Trendelenburg**

*Vor kurzem erschien:* **Neunzehnter Band**

Mit 159 Abbildungen. III, 333 Seiten. 1940

RM 28.—; gebunden RM 29.60

Inhaltsverzeichnis:

**Interstellare Materie.** Von Professor Dr. E. Schoenberg und Dr. H. Lambrecht, Breslau.
**Die Erzeugung schneller Ionenstrahlen für Kernreaktionen.** Von Dr. W. Gentner, Heidelberg.
**Massenspektrographie und ihre Anwendung auf Probleme der Atom- und Kernchemie.** Von Professor Dr. J. Mattauch, Berlin-Dahlem.
**Mikroskopie hoher Auflösung mit schnellen Elektronen.** Von Dr.-Ing. B. v. Borries und Dr.-Ing. E. Ruska, Berlin-Siemensstadt.
Inhalt der Bände I—XIX. I. Namenverzeichnis. II. Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

## DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung oder jede Postanstalt bezogen werden. Preis vierteljährlich RM 9.60. Hierzu treten bei direkter Zustellung unter Kreuzband die Versandspesen bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelpreis dieses Heftes RM 1.— zuzüglich Porto. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Studierende, ferner Ärzte in nicht vollbezahlter Stellung erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Manuskripte, Bücher usw. an
Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 22/24, erbeten.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung (entsprechend § 42 des Verlagsgesetzes) der in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihre Verwendung für fremdsprachliche Ausgaben vor.

Anzeigen werden von der Verlagsbuchhandlung angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe erfragen. Letzter Annahme-Termin: 12 Tage vor Erscheinen der betreffenden Nummer.

**Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 22/24**
*Fernsprecher: 21 81 11.*



Die Heimat hat im vergangenen Kriegsjahre durch ihre Haltung und ihren Opfersinn bewiesen, daß sie dieses großen Einsatzes ihrer Söhne würdig ist. Ich bin überzeugt, daß sie auch im kommenden

**Kriegswinterhilfswerk 1940/41**

ihre Pflicht tun wird, um in unserem Volke das Bewußtsein der unlösbaren sozialen Gemeinschaft noch weiter zu stärken.

Aus dem Aufruf des Führers zum 2. Kriegs-WHW.

*Soeben erschien:*

# Elektrometrische $p_H$-Messung

**mit kleinen Lösungsmengen**

Von

Professor Dr. **Franz Fuhrmann**

Vorstand des Institutes für landwirtschaftliche Technologie und Photochemie der Technischen Hochschule Graz

Mit 60 Abbildungen im Text. VI, 133 Seiten. 1941. RM 8.70

Inhaltsverzeichnis:

**Chemie und Physik der Wasserstoffionen.** 1. H-Ionenkonzentration. 2. Regulatoren und Puffergemische. 3. Elektrometrische Titration. 4. Ampholyte. 5. Elektrolytischer Lösungsdruck und osmotischer Druck. 6. Bezugselektroden. 7. Glaselektrode. 8. Metallelektrode. 9. Oxydation und Reduktion. — **Elektrische Maße, Stromquellen, Schaltungen und Meßeinrichtungen.** 1. Elektrische Maßeinheiten. 2. Spannungs- und Stromquellen. 3. Widerstandsschaltung und Spannungsteilung. 4. Elektrische Meßinstrumente im allgemeinen. 5. Elektrostatische Meßinstrumente. 6. Elektrodynamische Meßinstrumente. 7. Röhrenvoltmeter. — **Meßvorbereitungen.** 1. Reagenzien. 2. Herstellung des Normalelementes. 3. Herstellung der Kalomel-Bezugselektrode. 4. Standard-Pufferlösungen. 5. Wandelfähige Meßeinrichtungen. 6. Fixe Potentiometer. — **$p_H$-Messung in kleinen Flüssigkeitsmengen.** 1. Allgemeine Gesichtspunkte. 2. Mikrowasserstoffelektroden. 3. Mikrochinhydronelektroden. 4. Mikroglaselektroden. 5. Mikrometallelektroden. — **Anhang.** 1. $\vartheta$- bzw. $Kf$-Werte. 2. Korrektur des $H_2$-Partiardruckes. 3. Absolute Potentiale der Kalomelelektrode. 4. Korrekturtabelle nach Clark für Luft- und Dampfdruck. 5. Temperaturkoeffizienten. 6. Soll-Potential des Kadmiumelementes. 7. $p_H$-Wert-Spannung der Antimonelektrode. 8. Höchstkonzentrationen von Elektrodengiften. 9. Standard-Azetat. 10. Veibel-Lösung. 11. Platinierung der Elektroden. — **Schrifttum. — Sachverzeichnis.**

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN WIEN

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

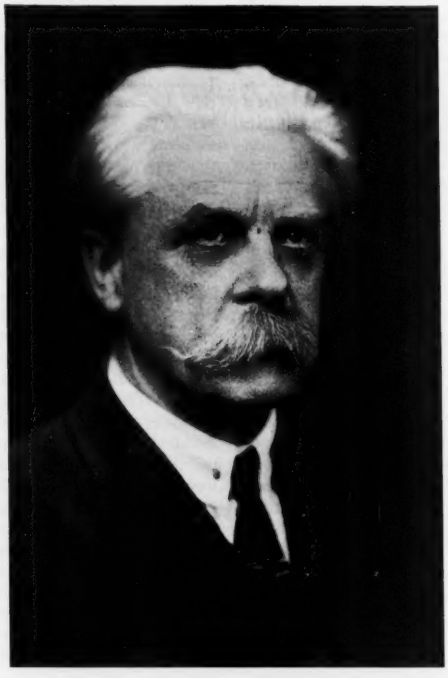
29. Jahrgang | 28. Februar 1941 | Heft 9

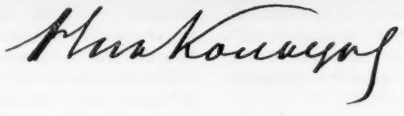
## N. K. Koltzoff †.

Von N. W. Timoféeff-Ressovsky, Berlin-Buch.

Am 2. Dezember 1940 ist in Leningrad der bekannte Experimentalbiologe, Direktor des Moskauer Forschungsinstitutes für experimentelle Biologie und Professor der allgemeinen Zoologie an der Universität Moskau, Nikolai Konstantinovitsch Koltzoff im Alter von fast 70 Jahre gestorben.

Das ganze Forscher- und Lehrerleben von Koltzoff, abgesehen von seinen Reisen an verschiedene Zoologische Institute und Stationen in Rußland und Europa, verlief in Moskau. Er studierte an der Physikalisch-Mathematischen Fakultät der Moskauer Universität. Dort hat sich gerade am Anfang der neunziger Jahre um den bekannten Ornithologen, Zoogeographen und vergleichenden Anatomen M. A. Menzbier im Vergleichend-Anatomischen Institut eine ganze Gruppe von begabten Schülern versammelt, von denen viele später zu bekannten Forschern und Lehrern auf verschiedenen Gebieten der Zoologie geworden sind (wie z. B. N. A. Iwanzoff, Koltzoff selbst, W. N. Lwoff, W. M. Schimkewitsch, A. N. Sewertzoff, P. P. Suschkin). Der zoologische Unterricht war an der Moskauer Universität schon damals sehr gut, besonders vorbildlich aber im Menzbierschen Institut. Im Zentrum stand die Vergleichende Anatomie und Embryologie der Wirbeltiere, um die herum aber auch andere Spezialkurse und Praktika abgehalten wurden. Koltzoff befaßte sich damals vorwiegend mit Vergleichender Anatomie und Histologie und wurde 1894 zum Kandidaten der Naturwissenschaften promoviert, nachdem er für seine gründliche Arbeit „Über die Hinterextremitäten der Wirbeltiere" die goldene Medaille von der Fakultät erhalten hat. Zur selben Zeit erschien auch seine Arbeit „Die Entwicklung des Beckens beim Frosch". In den folgenden Jahren, bis 1897, arbeitete Koltzoff im Vergleichend-Anatomischen Institut vorwiegend embryologisch (über die Gonadenentwicklung und die Keimbahn des Frosches) und bereitete sich für das Magisterexamen vor.





Nach Ablegen des Magisterexamens ging er 1897 für 2 Jahre ins Ausland, wo er zunächst einige Monate in Kiel im Flemmingschen Institut mit F. Meves verbrachte und dann an die Zoologischen Stationen in Neapel, Roscoff und Villefranche ging. Zunächst befaßte er sich hauptsächlich mit vergleichender Anatomie; als Ergebnis dieser Studien entstand seine große Arbeit „Entwicklung des Kopfes von Petromyzon. Zur Frage der Metamerie des Wirbeltierkopfes". Da aber Koltzoff ganz richtig erkannt hatte, daß schon damals die wirklich großen neuen und wissenschaftlich aufregenden Probleme der Vergleichenden Anatomie für längere Zeit als vorläufig gelöst und abgeschlossen betrachtet werden mußten, widmete er immer mehr und mehr sein Interesse den experimentell-zoologischen und cytologischen Fragen, die damals erst auftauchten. Außerdem erwarb er durch den Aufenthalt an Zoologischen Meeresstationen und an verschiedenen Zoologischen Instituten Deutschlands und Frankreichs eine sehr umfassende Kenntnis zoologischer Objekte und des Umganges und Experimentierens mit lebendem Material. Nach seiner Rückkehr nach Moskau im Jahre 1899 wurde er Privatdozent an der Moskauer Universität und begann seine Vorlesungen über allgemeine Zoologie und Cytologie, die er seitdem in Moskau an verschiedenen Hochschulen vier Jahrzehnte lang gehalten hat.

1901 verteidigte er öffentlich seine Magisterdissertation („Über den Kopf von Petromyzon") und machte nachher in den Jahren 1902—1904 eine zweite längere Auslandsreise, bei der er zunächst ein paar Monate in Heidelberg bei BÜTSCHLI und die übrige Zeit wieder hauptsächlich an den Zoologischen Stationen in Neapel und Villefranche verbrachte. In dieser Zeit hat KOLTZOFF sich schon ganz der experimentellen Cytologie gewidmet und seine bekannten „Studien über die Gestalt der Zelle" begonnen; 1903, noch während seines Auslandsaufenthaltes, erschien auf deutsch seine erste Arbeit aus dieser Serie: „Über formbildende elastische Gebilde der Zellen". Nach seiner Rückkehr, 1904, nach Moskau setzte er seine Vorlesungen an der Moskauer Universität fort; bald darauf wurde er auch zum Professor der Zoologie an der Moskauer Frauenhochschule (II. Universität) gewählt. Er setzte seine Studien über die Gestalt der Zelle fort, sowohl an der Universität, als auch bei kürzeren Aufenthalten an den Zoologischen Stationen in Sevastopol und Neapel. 1911 verließ er, zusammen mit seinem Lehrer MENZBIER und einigen anderen Professoren und Dozenten, die Moskauer Universität und wurde Professor an der Moskauer Städtischen Universität, wo er ein ganz modern und vorbildlich eingerichtetes experimentell-biologisches Institut organisierte. In den Jahren 1911 bis 1917 lehrte er an der Frauenuniversität und der Moskauer Städtischen Universität, wo sich um ihn eine größere Gruppe junger, vorwiegend experimentell-zoologisch und cytologisch interessierter Schüler bildete. Während des Weltkrieges, im Jahre 1916, wurde das Moskauer experimentell-biologische Forschungsinstitut eröffnet, das von KOLTZOFF organisiert wurde und dessen erster Direktor er geworden ist. Seit 1917 bis zu seinem Tode war KOLTZOFF Direktor des Moskauer Forschungsinstitutes für experimentelle Biologie und Professor für allgemeine Zoologie an der Moskauer Universität. Schon in den ersten Nachkriegsjahren, trotz sehr schwerer Zeiten und Verhältnisse, ist es KOLTZOFF gelungen, im Institut für experimentelle Biologie eine Gruppe von Experimentalzoologen (aus dem Kreise seiner Schüler) zu versammeln, mit deren Hilfe das Institut in verschiedenen Richtungen (Cytologie, Protistologie, Entwicklungsmechanik, Endokrinologie, experimentelle und angewandte Genetik) erweitert und wesentlich ausgebaut werden konnte, so daß es jetzt zu den größten Forschungsorganisationen für experimentelle Biologie gehört.

Das Forscherleben von KOLTZOFF kann in drei Perioden eingeteilt werden. Die erste Periode war vorwiegend der vergleichenden Anatomie gewidmet und verlief im großen und ganzen nach der damaligen Hauptrichtung der MENZBIERschen Moskauer Zoologenschule. Diese Periode, die mit Untersuchungen über die Hinterextremitäten der Wirbeltiere und die Entwicklung des Froschbeckens begonnen hat, wurde mit der großen Monographie über den Kopf von Petromyzon abgeschlossen.

Die zweite Periode war der experimentellen Cytologie gewidmet. Der Anfang dieser Periode liegt noch im letzten Drittel der ersten; schon während seines ersten Aufenthaltes an den Zoologischen Stationen, der eigentlich dem Sammeln und der Bearbeitung vergleichend-anatomischen Materials gewidmet war, wachte in KOLTZOFF das Interesse für eine experimentelle Analyse der Form und Gestalt der Zellen auf. Äußerlich wurde es erweckt durch Betrachtung der Vielgestaltigkeit der marinen Protozoen im Leben und der freien Spermien verschiedener Seetiere. Dabei erkannte KOLTZOFF ganz richtig, daß eine rein morphologische mikroskopische Strukturbeschreibung hier nicht allzuweit führen kann; es mußte experimentiert werden, und zwar nach den damals in den ersten Anfängen stehenden physiko-chemischen und kolloid-chemischen Methoden und Gesichtspunkten. Nachdem KOLTZOFF sich durch eingehendes Studium physiko-chemischer und kolloid-chemischer Originalarbeiten (da es damals auf diesen Gebieten noch keine Lehrbücher oder Zusammenfassungen gab) ein entsprechendes Wissen auf den wichtigsten Nachbargebieten erworben hat, untersuchte er, hauptsächlich an den Spermien der Decapoden (höhere Krebse), die Statik der von der Kugelform abweichenden Zellengestalten. Diese Untersuchungen bildeten den Inhalt der großen Arbeit „Studien über die Gestalt der Zelle. I. Über Spermien der Decapoden in Zusammenhang mit allgemeineren Überlegungen über die Zellenorganisation", die 1905 in Moskau auf russisch und 1906 im Arch. mikrosk. Anat. auf deutsch erschienen ist; in dieser Arbeit entwickelte KOLTZOFF die Theorie, daß der flüssige oder zähflüssige Inhalt der Zelle eine von einer amöboiden Tropfenform abweichende Gestalt nur durch entsprechende feste bzw. elastische Skelettfibrillen gewinnen kann, und daß geordnete, nichtamöboide Zellenbewegungen ebenfalls nur durch das Vorhandensein eines derartigen Fibrillenskelettes ermöglicht werden. Eine grundsätzliche Bestätigung, Erweiterung und Vertiefung der an Versuchen mit Decapodenspermien gewonnenen Ergebnisse und Ansichten brachten weitere Versuche mit Spermienköpfen verschiedener Tierarten. Die Ergebnisse dieser Versuche wurden 1908 im Arch. Zellforsch. in der Arbeit „Studien über die Gestalt der Zelle. II. Untersuchungen über das Kopfskelett des tierischen Spermiums" niedergelegt; hier wurde u. a. gezeigt, daß die elastischen Fibrillen vor allem formgebende Skelettelemente bilden und nicht als kontraktile Fasern angesehen werden können; es wurde die Hypothese aufgestellt, daß Fibrillenkontraktion, die als elementare Bewegungseinheit der Zelle aufzufassen ist, immer an ein zweiphasiges System — feste Fibrille und eine sie umhüllende flüssige oder zähflüssige Phase — gebunden sein muß. Diese Hypothese fand ihre Bestätigung und ihren weiteren Ausbau in Versuchen, die am kontraktilen Stiel einiger Infusorien aus der Gruppe der Vorticellinen durchgeführt wurden und den Inhalt

der Arbeit „Studien über die Gestalt der Zelle. III. Untersuchungen über die Kontraktivität von Zoothamnium alternans" bildeten, die 1911 in Moskau auf russisch und im Arch. Zellforsch. auf deutsch erschienen ist. In dieser Arbeit wurde gezeigt, wie durch Änderungen des osmotischen Druckes die Bewegungen in einer zweiphasigen Kontraktionsfaser zustandekommen und von welchen physiko-chemischen Faktoren des Milieus (vor allem verschiedenen Konzentrationen verschiedener Ionen) diese Kontraktionsbewegungen beeinflußt werden. Die letztere Frage wurde weiter ausgebaut in einer Reihe von physiko-chemischen Versuchen an Zoothamnium und Carchesium, die in den Arbeiten „Über eine physiologische Kationenreihe" (deutsch in Pflügers Arch. **1912**) und „Einfluß der Wasserstoffionen auf die Phagocytose bei Süßwasser-Vorticellinen" (deutsch in Internat. Z. physik.-chem. Biol. **1914**) publiziert wurden. Den letzten Ausläufer dieser zweiten Forschungsperiode bildet eine chronologisch schon weit in der dritten Periode liegende Arbeit aus derselben Reihe („Physiko-chemische Grundlagen der Reizbarkeit von Pigment-, Muskel- und Drüsenzellen"), die 1929 auf französisch in Rev. gén. Sci. pures appl. erschienen ist.

Die dritte Periode der Forschertätigkeit von KOLTZOFF ist vorwiegend dem theoretischen Ausbau seiner allgemeineren Vorstellungen über die Struktur der Zelle und der Synthese zwischen der experimentellen Cytologie und anderen Zweigen der experimentellen Biologie, vor allem der Genetik, gewidmet. Die eigenen experimentellen Arbeiten KOLTZOFFS aus dieser letzten Periode gehören in der Hauptsache zwei Gebieten an: Der experimentellen Genetik und der experimentellen Parthenogenese. Experimentell-genetisch hat KOLTZOFF vor allem über Vererbung der Fellfärbungen beim Meerschweinchen und über Vererbung der chemischen Bluteigenschaften beim Menschen und bei Haustieren gearbeitet. Von besonderer Bedeutung sind aber seine allgemeineren theoretischen Arbeiten aus dieser letzten Periode. Schon 1916 veröffentlichte KOLTZOFF eine Arbeit, in der eine allgemeinere Ansicht über den physiko-chemischen Bau der wesentlichsten Bestandteile der Zellen, unter Betonung der Bedeutung großer eiweißartiger Moleküle und Mizellen und deren Orientierung, entwickelt wurde. Einen weiteren Ausbau erfuhren diese Ideen, unter Heranziehung und Ausnutzung der inzwischen von der Cytologie, Biochemie, Kolloidchemie und Physikochemie neu erbrachten Erfahrungen, in seinem 1927 in der Eröffnungssitzung des allrussischen Zoologen-Kongresses in Leningrad gehaltenen Vortrags über „Die Physiko-Chemischen Grundlagen der Morphologie", der auch auf deutsch veröffentlicht wurde (Biol. Zbl. **1928**). Hier wurden auch die Hypothesen über die Mizellenstruktur der Chromosomen und die Molekularstruktur der Gene entwickelt, die in späteren Arbeiten über „Genetik und Entwicklungsphysiologie" (1934), „Über erbliche Moleküle" (1935), „Die Rolle des Gens in der Entwicklungsphysiologie" (1935) und „Über die Struktur der Chromosomen und deren Beteiligung am Zellenmetabolismus" (1938) ausgebaut wurden. 1934 wurde von KOLTZOFF die heute allgemein anerkannte Ansicht über den Bau der Riesenchromosomen der Speicheldrüsenzellen der Dipteren vorgeschlagen. Seit 1931 hat KOLTZOFF viel über künstliche Parthenogenese, besonders beim Seidenspinner, gearbeitet; die ersten Versuchsergebnisse wurden auch auf deutsch in der Arbeit „Über künstliche Parthenogenese beim Seidenspinner" (Biol. Zbl. **1932**) veröffentlicht und die weiteren Versuche wurden hauptsächlich von seinen Schülern publiziert. 1938 erschien seine Arbeit „Untersuchungen über die Reizbarkeit der Effektorchromatophoren", die noch als Ausläufer seiner zweiten Forscherperiode bezeichnet werden kann, ihrem Inhalt und den Methoden nach aber die zweite und die dritte Periode verbindet.

Aus der eben gegebenen kurzen Übersicht geht hervor, wie vielseitig und reichhaltig die Forschertätigkeit KOLTZOFFS gewesen ist. Neben der Vielseitigkeit der Objekte, Methoden und Spezialfragestellungen ist aber das Ziel und die Grundlinie seiner Forschertätigkeit außerordentlich konsequent und einheitlich geblieben; es handelte sich immer um das Grundproblem der Analyse elementarer Zellstrukturen. KOLTZOFF hat es, wie nur sehr wenige andere, verstanden, auf den ersten Blick ganz verschieden erscheinende Richtungen der experimentellen Biologie auf die Lösung desselben Hauptproblems zu konzentrieren.

Nicht weniger wichtig als seine eigene Forschertätigkeit war die Bedeutung KOLTZOFFS als Lehrer und als Organisator der Wissenschaft. Schon die ersten Vorlesungen KOLTZOFFS als junger Privatdozent waren der Form und dem Inhalt nach hervorragend. Mit Erweiterung seines Lehrbetriebes und der Organisation von zwei eigenen Hochschulinstituten (des Zoologischen Instituts der Frauenhochschule, II. Universität, und des Instituts für experimentelle Biologie der Moskauer Städtischen Universität) hat KOLTZOFF eine vorbildliche Stätte für den zoologischen Unterricht aufgebaut. Seine Vorlesungskurse über systematische und vor allem über allgemeine Zoologie waren formvollendet, meisterhaft im logischen Aufbau und Inhalt und brachten jedes Jahr das Wesentliche aus dem neuesten Stande der Forschung. Sein zweijähriges großes Praktikum der Zoologie der Wirbellosen war ebenfalls glänzend durchdacht und organisiert; neben der üblichen morphologischen Arbeit an Präparaten und dem selbständigen Anfertigen von Präparaten mußten die Großpraktikanten lebendes Material aus den meisten größeren Tiergruppen halten und oft züchten lernen, am lebenden Material mußte eine Reihe von physiologischen und entwicklungsmechanischen Versuchen selbständig durchgeführt werden, und es mußte die wichtigste Originalliteratur über verschiedene Objekte gelesen und referiert werden. Um das große zoologische Praktikum herum baute sich eine Reihe von Spe-

zialvorlesungen und Praktika auf (wie z. B. Cytologie, Entwicklungsmechanik, Hydrophysiologie, Genetik und Biometrik), die von verschiedenen Assistenten abgehalten wurden. Die Sommerferien wurden von den Großpraktikanten auf den zwei von KOLTZOFF geleiteten biologischen Stationen verbracht. Von besonderer Bedeutung war aber die Tätigkeit KOLTZOFFS als Lehrer im höheren Sinne des Wortes, bei der endgültigen Gestaltung junger Forscher. Hier war die ganze faszinierende und vielseitige Persönlichkeit KOLTZOFFS und seine immer lebendige Forschertätigkeit ausschlaggebend. Dadurch erklärt sich, daß ein großer Teil der heute in Rußland auf verschiedenen Gebieten der experimentellen Zoologie aktiv tätigen Forscher Schüler von KOLTZOFF sind. Außerordentliches hat KOLTZOFF auch auf dem Gebiete der Organisation der Forschung und des Hochschullehrbetriebes in Rußland geleistet. Er selbst hat im Laufe der letzten dreißig Jahre drei größere Hochschul- und Forschungsinstitute neu errichtet und an der Organisation mehrerer anderer aktiv teilgenommen. Vor allem ist er aber in mannigfachster Weise, durch Vorträge, Presseartikel, in Regierungs- und Munizipalkommissionen und in jeder Form des persönlichen Einflusses für die dauernde Modernisierung und Auffrischung von Hochschullehrplänen, die Errichtung von Lehrstühlen für neuere Zweige der Biologie, Einführung moderner Zweige der Experimentalbiologie in die angewandte Forschung (Landwirtschaft und Medizin) und die Errichtung neuer biologischer Forschungsstätten mit Erfolg eingetreten. Seine Propaganda für die Modernisierung und Erweiterung der biologischen Forschung und des biologischen Lehrbetriebes konnte u. a. deswegen leicht in die Tat umgesetzt werden, weil er immer eine genügende Anzahl von leistungsfähigen jungen Forschern unter seinen Schülern besaß, die beim Ausbau vorhandener und Errichtung neuer Forschungs- und Lehrstätten verwendet werden konnten.

KOLTZOFF hat ein besonders aktives Leben durchgelebt. Und seine Aktivität hat bis zu seinem Tode nicht nachgelassen. Er hatte auch in den letzten Jahren keine Zeit, sich zur Ruhe zu setzen und auf seine Lebensarbeit zurückzuschauen. Er konnte aber wirklich mit dem Ergebnis seiner Arbeit zufrieden sein. Denn das, was er als Forscher geleistet hat, kam der Wissenschaft zugute; und seiner Tätigkeit als Lehrer und Organisator der Forschung verdankt sein Vaterland das Aufblühen ganzer Zweige moderner Biologie, das Entstehen einer Reihe biologischer Forschungsstätten und die Ausbildung eines reichen Forschernachwuchses auf experimentell-biologischen Gebieten. Seine Schüler und persönlichen Freunde haben in ihm einen selten interessanten, vielseitigen und guten Menschen verloren.

## Das kontinuierliche Spektrum und die Farbtemperatur der Sonne im Bereich 3000—7000 Å.

Von H. KIENLE, Potsdam.

Die Intensitätsverteilung im kontinuierlichen Spektrum der Sonne läßt sich nach den bisherigen Erfahrungen nicht über größere Wellenlängenbereiche durch eine einheitliche Farbtemperatur darstellen (1), da die Form der Energiekurve, wie Fig. 1 zeigt, nicht der eines schwarzen Körpers entspricht. Man kann aus begrenzten Spektralbereichen in der üblichen Weise „schwarze Temperaturen" $T_s$ (d. i. die Temperatur eines schwarzen Körpers, der in diesem Bereich die gleiche absolute Emission pro Oberflächeneinheit hat wie die Sonne) oder „Farbtemperaturen" $T_c$ (d. i. die Temperatur eines schwarzen Körpers, der in diesem Bereich die gleiche relative spektrale Energieverteilung aufweist wie die Sonne) ableiten, die beide Funktion der Wellenlänge sein werden, wenn die Sonne nicht wie ein schwarzer Körper strahlt. Fig. 2 veranschaulicht diese Abhängigkeit, die für die schwarze Temperatur wesentlich geringer ist als für die Farbtemperatur. Kennzeichnend ist vor allem der außerordentlich starke Abfall der Farbtemperatur im UV bis auf Werte in der Gegend von 3000° gegenüber etwa 7000° in der Umgebung des Maximums der Energiekurve.

Bei einem Spektrum wie dem der Sonne mit seiner Fülle von Absorptionslinien (vgl. Fig. 5), ist es schwer, das wahre Kontinuum zwischen den Linien zu erfassen. Namentlich im kurzwelligen Bereich liegt der Verdacht nahe, daß die abgeleiteten Farbtemperaturen durch ungenügende spektrale Auflösung verfälscht sind. MULDERS (2) hat versucht, aus einem genauen Studium der Intensitäten der Fraunhofer-Linien in Spektren sehr großer Dispersion Korrektionen abzuleiten, die an die beobachteten, um die „verschmierten" Intensitäten der Linien verminderten integralen Intensitäten des Sonnenspektrums anzubringen sind, um diese auf „ungestörtes Kontinuum" zu reduzieren. Das Ergebnis dieser Untersuchungen zeigt an dem Beispiel der drei wichtigsten Beobachtungsreihen von ABBOT, FABRY und PLASKETT die Fig. 3.

Man sieht: der ursprüngliche Abfall der unverbesserten Energiekurven im UV wird teilweise kompensiert, so daß im ganzen eine Annäherung der Kurven an solche einheitlicher Farbtemperatur erreicht wird. Aber auch nach der von MULDERS vorgenommenen Reduktion bleibt die Farbtemperatur unterhalb $\lambda$ 4000 mit 4850° (nach MULDERS) noch merklich unter der für den Bereich oberhalb $\lambda$ 4000, die bei etwa 6000° oder noch darüber liegt.

Dieser Befund wird bestätigt durch neue Beobachtungen von PETTIT (3), der mit großer Sorgfalt

und einem erheblichen instrumentellen Aufwand in mehreren Beobachtungsreihen seit 1931 absolute Messungen der Energieverteilung im Sonnenspektrum mit Doppelmonochromator und Vakuumthermoelement unter günstigsten atmosphärischen Bedingungen (Tucson [Arizona] bzw. Mt. Wilson) durchgeführt hat. Die Beobachtungen sind mit konstanter Dispersion bei einer Spaltbreite von 100 Å gemacht, geben also jeweils die integralen Intensitäten im Sonnenspektrum für Bereiche von 100 Å Breite. Die „Verschmierung" der Absorptionslinien ist daher vollständig, und damit ist eindeutig festgelegt, was überhaupt beobachtet ist, im Gegensatz etwa zu photographischen Aufnahmen oder photoelektrischen Registrierungen des Sonnenspektrums mit ungenügender Auflösung, wo immer der Grad der Verschmierung zweifelhaft bleibt (vgl. unten). Die ausgezogenen Kurven der Fig. 4 stellen die zusammengefaßten Ergebnisse der 6 Beobachtungsreihen PETTITS aus den Jahren 1931, 1934, 1937 und 1939 dar, einmal für die mittlere (d. h. über die ganze Scheibe integrierte), das andere Mal für die zentrale (d. i. von der Mitte der Scheibe ausgesandte) Sonnenstrahlung.

Um den Einfluß der Absorptionslinien zu bestimmen, hat PETTIT eigene weitere Beobachtungen angestellt. Das durch ein 6 m-Konkavgitter in der ersten Ordnung entworfene Sonnenspektrum wurde direkt mit Hilfe von Photozellen registriert. Leider fehlen Angaben über Dispersion und spektrale Auflösung. Aber aus den von PETTIT mitgeteilten Beispielen solcher Registrierkurven, die wir in Fig. 5 wiedergeben, darf man schließen, daß das Auflösungsvermögen der Apparatur zwar nicht ausreicht, um alle Fraunhofer-Linien des Rowland-Atlasses zum Vorschein kommen zu lassen, wohl aber doch so groß ist, daß an Stellen, an denen die Linien sich nicht zu sehr häufen,

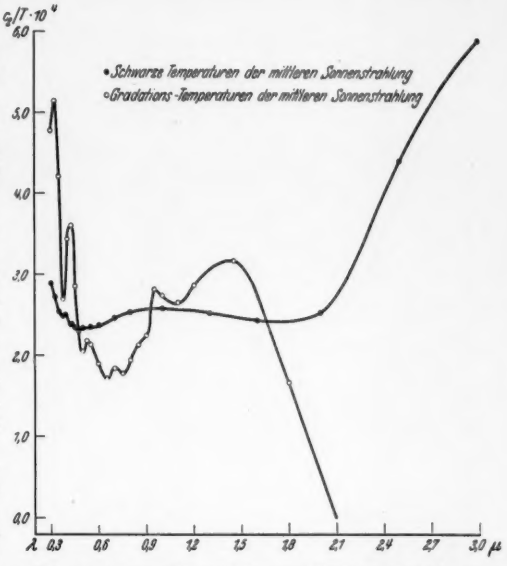



Fig. 2. Schwarze Temperatur und Farbtemperatur der Sonne in Abhängigkeit von der Wellenlänge der Strahlung (BRILL, Hdb. d. Astrophys. V/1).

das Kontinuum zwischen den Linien erfaßt wird. Die von PETTIT durch die äußersten Spitzen der Registrierkurven gelegte Einhüllende wird daher an einigen Punkten dem wahren Kontinuum nahekommen, im allgemeinen aber noch darunter liegen. Da PETTIT die Korrektion auf ungestörtes Kontinuum als Differenz der durch die Einhüllende und die Registrierkurve gegebenen Integrale (je über 100 Å Breite) bestimmt, werden seine Korrektionen durchschnittlich zu klein ausfallen.

In Fig. 4 sind (gestrichelt bzw. strichpunktiert) die reduzierten Kurven mit eingezeichnet. Sie sind, da die Messungen ja jeweils Integrale über 100 Å darstellen, geglättet, weisen aber trotzdem noch starke Einsenkungen auf, die man kaum als Wellen im wahren Kontinuum auffassen darf, sondern auf unzureichende Korrektion wegen Linienabsorption zurückführen muß. Aber auch wenn man sich auf die Maxima der Kurve beschränkt, bleibt ein allgemeiner Abfall im UV bestehen, der den Befund von MULDERS bestätigt, daß die Farbtemperatur im UV erheblich unter der im Sichtbaren liegt.

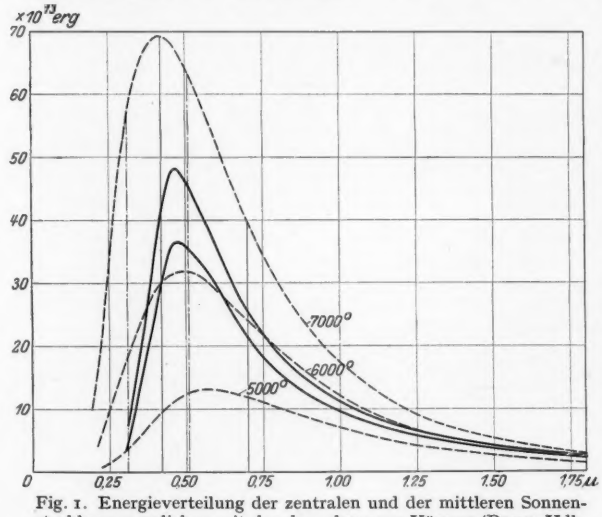



Fig. 1. Energieverteilung der zentralen und der mittleren Sonnenstrahlung, verglichen mit der des schwarzen Körpers (BRILL, Hdb. d. Astrophys. V/1).

Nun haben ARNULF, CHALONGE und DÉJARDIN (4) den Versuch gemacht, die Farbtemperatur im UV unmittelbar absolut zu bestimmen nach der gleichen Methode, nach der sie in einer Reihe von Arbeiten Farbtemperaturen von Sternen bestimmt haben. Zur Verwendung gelangte ein Zweiprismen-Quarzspektrograph, dessen Kollimator ($f = 120$ cm) ohne Zwischenschaltung irgendwelcher abbildenden Optik direkt auf die Sonne gerichtet wurde. In gleicher Weise wie das Spektrum der Sonne und auf die gleiche Platte wurde das kontinuierliche Spektrum eines Wasserstoffrohres aufgenommen, dessen absolute Intensitätsverteilung durch Anschluß an den schwarzen Körper bekannt ist. In die Reduktion der Messungen geht dann nur noch die Extinktion des Lichtes in der Erdatmosphäre ein, die durch zusätzliche Nachtbeobachtungen von Sternen bestimmt wurde. Bei der Stabilität der Sichtverhältnisse auf dem Jungfraujoch, wo diese Beobachtungen durchgeführt wurden, dürfte gerade dieses Reduktionselement mit hinreichender Sicherheit bekannt sein.

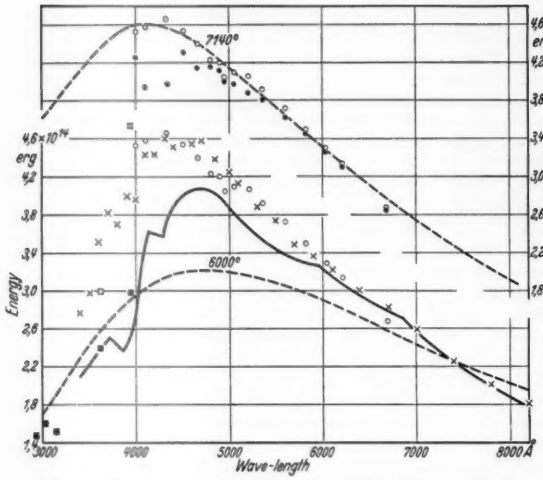



Fig. 3. Bestimmung der Energieverteilung im kontinuierlichen Spektrum der Sonne durch Korrektion verschiedener Meßreihen [MULDERS (2)]. Oberer Teil: ●●● PLASKETTS Originalmessungen; ○○○ wegen des Einflusses der Fraunhofer-Linien korrigierte Werte; ——— 0.60 × schwarze Strahlung von 7140°. Unterer Teil: —— ABBOTS Originalmessungen; ××× Werte nach Korrektion wegen Fraunhofer-Linien; ○○○ PLASKETTS korrigierte Werte (wie oben); ■■■ FABRYS Originalmessungen; □□□ Werte nach Korrektion wegen Fraunhofer-Linien; ——— schwarze Strahlung von 6000°.

Der Spektrograph liefert eine Dispersion von 6—20 Å/mm zwischen 3000 und 4500 Å. Es ist klar, daß man bei diesem Grade der Auflösung nicht erwarten kann, das Kontinuum zwischen den Linien ganz allgemein zu erfassen. Daher suchen ARNULF, CHALONGE und DÉJARDIN (im folgenden abgekürzt A. C. D.) nach dem soeben veröffentlichten Atlas des Sonnenspektrums von MINNAERT, MULDERS und HOUTGAST (5) ausgesprochene „Fenster" in der Sonnenatmosphäre aus, d. h. linien-

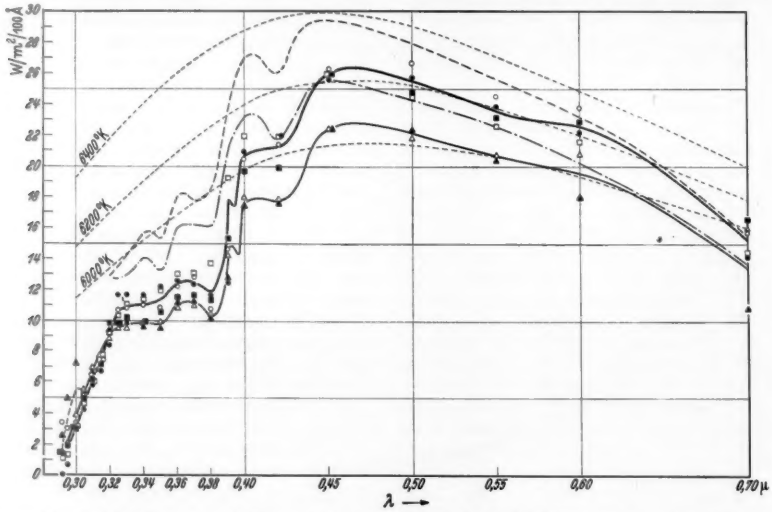



Fig. 4. Energiekurve der Sonne nach PETTIT (3). —— Integrierte Strahlung 1931 und 1934; —— dieselbe, korrigiert wegen Fraunhofer-Linien; —·—· zentrale Sonnenstrahlung 1931, 1934, 1937 und 1939; ——— dieselbe, korrigiert wegen Fraunhofer-Linien; ------ schwarze Strahlung verschiedener Temperaturen.

arme Gebiete im Spektrum, an denen ungestörtes Kontinuum zutage tritt. Unter Beschränkung auf Messungen an diesen wenigen Punkten kommen sie dann zu folgendem Ergebnis:

„Wenn dem kontinuierlichen Sonnenspektrum eine definierte ‚Farbtemperatur' zugeordnet werden kann, dann müssen die Punkte, die als Ordinaten die Logarithmen der Intensitätsverhältnisse (Sonne und schwarzer Körper von 7000° K) und als Abszissen die zugehörigen Werte von $1/\lambda$ haben, auf einer Geraden liegen. Das trifft zu für die folgenden Wellenlängen (auf ungefähr 0,5 Å genau): 4504, 4477, 4437,5, 4421, 4413, 4365, 4316,5 und 3301 Å. Alle anderen Punkte liegen unterhalb der Geraden, aber die den Wellenlängen 4487, 4446, 4087,5, 3785 und 3400,5 entsprechenden liegen ihr recht nahe. Die aus der Neigung der Geraden berechnete Farbtemperatur liegt bei etwa 6200° K (Mittel aus den drei besten Platten). Die zahlreichen Fehlerquellen lassen eine Unsicherheit von einigen hundert Grad erwarten, aber das wesentliche Ergebnis scheint nicht zweifelhaft: das mittlere kontinuierliche Spektrum der Sonnenscheibe kann im Bereich 4500—3300 Å genähert durch eine einheitliche Farbtemperatur dargestellt werden."

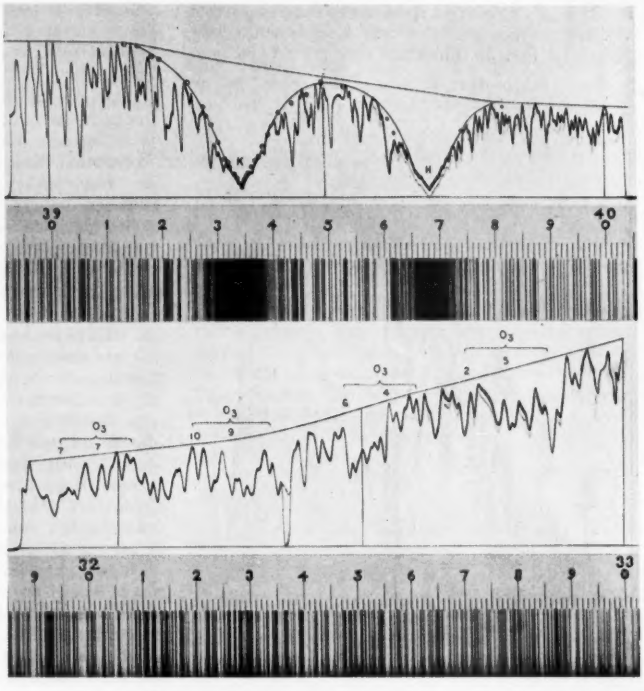



Fig. 5. Photoelektrische Registrierkurven für die Gegend der Linien H und K (oben) und den Bereich $\lambda\lambda$ 3200—3300 (unten) nach PETTIT (3), verglichen mit dem Rowlandatlas.

Leider fehlen die zahlenmäßigen Unterlagen bzw. eine graphische Darstellung nach Art der Fig. 4 und 5, die ein unabhängiges Urteil ermöglichten über den Grad der Annäherung. Aber CHALONGE und DÉJARDIN (6) haben in einer anderen kurzen Note, die sich auf die mit der Sonne nahe verwandten G-Sterne $\eta$ Bootis und $\zeta$ Herculis bezieht, eine Registrierkurve des Spektrums von $\zeta$ Herculis wiedergegeben, aus der die Lage der hypothetischen „Fenster" und die Abweichung des Spektrums von der durch eine einheitliche Farbtemperatur festgelegten Kurve zu ersehen ist (Fig. 6). Diese Sternspektren sind allerdings mit einer 5fach kleineren Dispersion aufgenommen, also auch entsprechend weniger aufgelöst. Aber CHALONGE und DÉJARDIN stellen fest, daß an drei der für das Sonnenspektrum genannten Stellen, nämlich bei 4504, 4087,5 und 3301, das ungestörte Kontinuum erreicht wird. Die durch diese 3 Punkte gelegte Kurve (im Koordinatensystem $\log i/i_{7000}$; $1/\lambda$ eine Gerade) führt auf eine Farbtemperatur von 5900° im Mittel für die beiden Sterne, also nahe übereinstimmend mit dem für die Sonne gefundenen Wert von 6200°.

Die Gründe, warum PETTIT zu anderen Ergebnissen kommen mußte als A. C. D., werden klar, wenn man die Fig. 5 und 6 einander gegenüberhält. PETTIT gewinnt die an seine Beobachtungen anzubringenden Korrektionen wegen Linienabsorption, indem er jeweils Gebiete von 100 Å Breite mit großer Dispersion aufnimmt und innerhalb dieser engen Wellenlängenbereiche eine einhüllende Kurve durch die Spitzen der Registrierkurve legt. Er paßt sich also dem allgemeinen Verlauf des durch seinen Gitterspektrographen gegebenen Spektrums weitgehend an. A. C. D. hingegen greifen aus dem ganzen, von PETTIT in 12 Einzelabschnitten ausgeglichenen Bereich nur die 3 alleräußersten Spitzen heraus und überbrücken alles Dazwischenliegende. PETTITS 12 Einhüllende müssen also unter der durch diese 3 Spitzen gelegten Kurve bleiben; in welchem Grad, das zeigt Fig. 7, in der PETTITS Messungen auf zweckmäßige Koordinaten umgerechnet sind.

Aus den von PETTIT für das mittlere Sonnenspektrum angegebenen Intensitäten wurden die

$\log i_{\odot}/i_{T=6200°}$, d. h. die Logarithmen der Intensitätsverhältnisse Sonne : Schwarzer Körper von 6200°, berechnet und als Funktion von $1/\lambda$ aufgetragen.

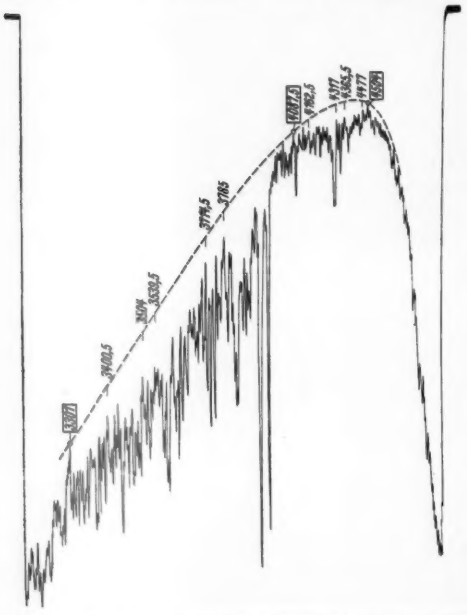



Fig. 6. Registrierkurve des Spektrums von $\zeta$ Herculis nach CHALONGE-DÉJARDIN (6). Die mutmaßlichen „Fenster" sind durch ihre Wellenlängen bezeichnet.

Da PETTIT nur Integrale über 100 Å Breite gemessen hat, sind die Kurven als Treppenkurven mit den entsprechenden Stufenbreiten gezeichnet. Am kurzwelligen Ende ist teilweise in Abständen von 50 Å gemessen, d. h. in übergreifenden Intervallen; die Treppenkurve für die Zwischenpunkte ist in der Fig. 7 punktiert.

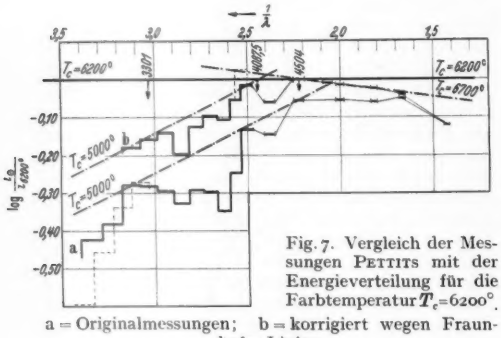



Fig. 7. Vergleich der Messungen PETTITS mit der Energieverteilung für die Farbtemperatur $T_c$=6200°.
a = Originalmessungen; b = korrigiert wegen Fraunhofer-Linien.

Oberhalb $\lambda$ 4000 sind die Abstände der Meßpunkte größer als die Intervallbreite. *a* ist die gemessene Kurve, *b* die wegen Linienabsorption korrigierte.

Angemerkt sind außerdem die 3 Wellenlängen, durch die bei A. C. D. die Farbtemperatur $T_c$=6200° festgelegt ist. Man sieht, daß bei PETTIT durch die Korrektion wegen Linienabsorption der Verlauf der Energiekurve im UV sich zwar dem einer Geraden nähert, daß aber die mittlere Neigung dieser Geraden sich nicht ändert, d. h. die Farbtemperatur bleibt im UV mit 5000° merklich unter der im langwelligen Gebiet; der Unterschied beider Farbtemperaturen wird durch die Korrektur sogar noch etwas erhöht.

Ob ein Sprung in der Farbtemperatur bei etwa $\lambda$ 4500 vorhanden ist, läßt sich aus den Beobachtungen von A. C. D. allein nicht entscheiden, da diese Beobachtungen nur den kurzwelligen Teil des Spektrums erfassen. Es kommt also ganz darauf an, wie hoch man den *Absolutwert* der von A. C. D. abgeleiteten Farbtemperatur bewertet. Dieser hängt aber ab von dem Gewicht des einen „Fensters" bei $\lambda$ 3301 und von der Sicherheit, mit der bei den Anschlüssen der Sonne an das Wasserstoffrohr der absolute Nullpunkt des Pariser Temperatursystems verwirklicht wurde. Wenn man den französischen Messungen volles Vertrauen schenken darf und $\lambda$ 3301 als echtes „Fenster" anerkennt, dann wären PETTITS (und analog auch die damit im wesentlichen übereinstimmenden MULDERS) integrierte Intensitäten der Fraunhofer-Linien im Mittel zu quadrieren (die Logarithmen zu verdoppeln), um sie auf das „echte" Kontinuum zu beziehen.

Die Entscheidung kann nur durch neue Beobachtungen gebracht werden, die mit größter Dispersion und Auflösung den ganzen Bereich des Sonnenspektrums zwischen 3000 und 7000 Å erfassen, insbesondere die Umgebung der mutmaßlichen (und möglichst noch anderer) „Fenster". Und diese Entscheidung ist nicht nur wichtig im Hinblick auf die Farbtemperatur der Sonne (und der G-Sterne im allgemeinen), sondern auch für die Definition und Messung dessen, was wir die „Intensität einer Absorptionslinie" nennen. Denn diese Intensität wird immer festgelegt relativ zu dem „benachbarten Kontinuum". Ist dieses „benachbarte" Kontinuum aber gegeben durch das Verfahren von PETTIT (Fig. 4), das das heute allgemein übliche ist, und auch z. B. dem Atlas von MINNAERT, MULDERS und HOUTGAST zugrunde liegt, oder muß man es ersetzen durch die Überbrückung zwischen weit auseinanderliegenden „Fenstern" nach dem Vorgang von ARNULF, CHALONGE und DÉJARDIN? Diese Frage bleibt zunächst offen.

*Literatur:*

(1) A. BRILL, Die Temperaturen der Fixsterne. Handbuch der Astrophysik V/1 (1932). — (2) G. F. W. MULDERS, On the Energy Distribution in the Continuous Spectrum of the Sun. Z. f. Astrophys. **11**, 132

(1935). — (3) E. PETTIT, Spectral Energy-Curve of the Sun in the Ultraviolet. Ap. J. **91**, 159 (1940). — (4) A. ARNULF, D. CHALONGE et G. DÉJARDIN, Sur la distribution de l'énergie dans le spectre continu du Soleil entre 4500 et 3300 Å. C. R. Acad. Sci. Paris **210**, 325 (1940). — D. CHALONGE et G. DÉJARDIN, Sur la courbe d'énergie du spetre solaire. Bull. Soc. franç. Phys. **1940**, Nr 441. — (5) M. MINNAERT, G. F. W. MULDERS, I. HOUTGAST, Photometric Atlas of the Solar Spectrum. Amsterdam 1940. — (6) D. CHALONGE et G. DÉJARDIN, Sur le spectre continu des étoiles du type Go. C. R. Acad. Sci. Paris **210**, 558 (1940).

# Zur Theorie fester Isolatoren.

Von F. MÖGLICH und R. ROMPE, Berlin.

[Schluß[1]).]

### *Vielfachstöße.*

Die Wirksamkeit der Einfachstöße zwischen Elektronen und Schallquanten ist übrigens auf Metalle beschränkt. Dies liegt daran, daß die maximal vom Schallquant auf das Elektron und umgekehrt übertragbare Energie den Betrag $h \cdot \nu_{max}$ nicht überschreiten kann und dieser Betrag von der Größenordnung $^1/_{20}$ eVolt ist. Das Wirksamwerden solcher Stöße ist also an die zusätzliche Bedingung geknüpft, daß immer im Abstand eines zwanzigstel Volt von einem mit einem Elektron besetzten Energieniveau sich mindestens ein freies Energieniveau befindet. Diese Bedingung kann praktisch nur bei einem Metall erfüllt sein, weil bei einem Isolator zwischen dem besetzten Band und dem nächsten freien Band immer eine verbotene Zone liegt, die ein Vielfaches der Energie eines Schallquantes beträgt. Nur im Falle eines „echten" Halbleiters — eines Isolators mit sehr kleiner Energiedifferenz zwischen besetztem und freiem Band — könnte man noch auf die Wirksamkeit der Einfachstöße rechnen. Da es aber sehr zweifelhaft ist, ob es solche „echten" Halbleiter, die ganz ohne Störstellenmechanismus arbeiten, überhaupt gibt, wollen wir diese Möglichkeit außer acht lassen.

Bei Berücksichtigung der höheren Näherungen des BLOCHschen Störungsverfahrens treten, wie wir schon sagten, Prozesse auf, bei denen ein Elektron mehrere Schallquanten erzeugt bzw. absorbiert. Solche Prozesse werden wir sinngemäß als Vielfachstöße bezeichnen. Ihre von dem quantenmechanischen Formalismus behauptete Existenz stellt uns vor ein besonderes Problem insofern, als es nach den vorher erörterten thermodynamisch-statistischen Überlegungen nicht klar ist, ob derartige Prozesse sich überhaupt mit dem durch die PLANCKsche Formel beschriebenen Gleichgewicht in Einklang bringen lassen.

Diese Zweifel lassen sich beheben durch eine Modifikation der vorhin besprochenen EINSTEINschen Überlegung, die nicht nur zeigt, daß solche Vielfachstöße mit der PLANCKschen Formel verträglich sind, sondern uns darüber hinaus auch gestattet, den Ausdruck für die Häufigkeit eines solchen Prozesses herzuleiten, wenigstens für den Fall, daß die simultan emittierten oder absorbierten Schallquanten untereinander alle verschiedene Frequenz haben.

Die Einzelheiten dieser Rechnung[1]) sollen hier nicht folgen. Die Überlegung ist vollkommen analog der eben durchgeführten und beweist, daß auch die Existenz der Vielfachstöße mit dem PLANCKschen Gesetz verträglich ist. Das Ergebnis für die Häufigkeit der Vielfachstoßprozesse ist das folgende:

$$n_i(z_s - n_s) X_{is} \cdot \prod_{\sigma=1}^{g} \left( \varrho_{\nu_\sigma} + \frac{12\pi h \nu_\sigma^3}{q^3} \right) \quad \text{Emission},$$

$$n_s(z_i - n_i) X_{si} \prod_{\sigma=1}^{g} \varrho_{\nu_\sigma} \quad \text{Absorption.} \qquad (5)$$

Hier haben die Größen $n$ und $z$ die gleiche Bedeutung wie vorher. $X_{is}$ und $X_{si}$ sind zwei von den Eigenschaften des Elektronengases und von der Wechselwirkungsenergie zwischen diesem und dem Gitter abhängende Größen. Man kann, wie früher auch, schließen, daß $X_{is} = X_{si}$ sein muß. Endlich ist vorausgesetzt, daß bei dem ins Auge gefaßten Vielfachstoß eine gewisse Anzahl $g$ Schallquanten mitwirken, die die untereinander verschiedenen Frequenzen $\nu_1; \nu_2; \nu_3 \ldots \nu_g$ haben. Analog zur Gleichung (3) erhält man eine Beziehung zwischen dem Koeffizienten $A_{is}^{(g)}$ der vollständigen spontanen Emission von $g$ Schallquanten und dem $X_{is}$.

$$A_{is}^{(g)} = \left( \frac{12\pi h}{q^3} \right)^g \cdot \nu_1^3 \cdot \nu_2^3 \cdot \nu_3^3 \ldots \nu_g^3 \cdot X_{is}. \qquad (6)$$

Eine von den Verfassern durchgeführte quantentheoretische Rechnung führt auf die gleiche Formel für die Abhängigkeit von den Schallquantenenergiedichten. Allerdings läßt sich dabei auch der Fall behandeln, daß mehrere der Lichtquanten zur gleichen Frequenz gehören, und schließlich läßt sich, natürlich prinzipiell, ein Ausdruck für die Größe $X_{is}$ angeben, die in der thermodynamischen Herleitung offenbleiben muß.

Die Verfasser haben ferner gezeigt, daß in Gebieten, in denen die Vielfachstöße wirksam werden (etwa ab 500 K), die Größen $\varrho_\nu$ proportional zur abs. Temperatur sind und daß daher die Absorptionswahrscheinlichkeit proportional zu $T_g$ wird. Dasselbe gilt auch für die Emission, da bei hohen Temperaturen $\varrho_\nu$ sehr groß gegen $\frac{12\pi h \nu^3}{q^3}$

[1]) Vgl. Heft 8, S. 105.

[1]) F. MÖGLICH, R. ROMPE, Z. Physik, **117**, 119, 1940.

wird und dieser Ausdruck daher gegen $\varrho_\nu$ vernachlässigt werden kann.

Es bleibt allerdings gänzlich offen, wie die beiden Energiegebiete $\varepsilon_i$ und $\varepsilon_s$ zueinander liegen. Diese könnten sowohl in einem Band wie in verschiedenen Bändern zu finden sein, ohne daß an der Überlegung sich etwas ändern würde. Besonders interessant aber sind die Fälle, bei denen aus bestimmten Gründen die Erzeugung von $1, 2, 3 \ldots g-1$ Schallquanten unmöglich ist und erst $g$ die Minimalzahl der Quanten ist, die vom Elektronengas emittiert werden kann. Es kann gezeigt werden, daß bei einer Reihenentwicklung des Wechselwirkungspotentials zwischen Elektronen und Gitter auch die für die Simultanemission von sehr vielen Schallquanten gültigen Übergangswahrscheinlichkeiten nicht verschwinden.

Ein solcher Fall liegt immer bei einem Isolator vor, bei dem durch Absorption elektromagnetischer Strahlung oder durch Anregung von Stößen Elektronen aus dem vollbesetzten unteren Band in das freie obere Band gebracht worden sind. Diese Elektronen können im allgemeinen nicht mehr in das untere Band unter Strahlung zurückfallen, weil die Erfüllung des Impulssatzes wegen der geringen Zahl freigewordener Plätze im unteren Band sehr unwahrscheinlich ist. Zwar ist die Zahl der freien Plätze im unteren Band genau so groß wie die Zahl der Elektronen im oberen Band, aber wegen der Schüttelwirkung der Wärmeenergie des Gitters und vor allem der Plasmawechselwirkung wird die Übereinstimmung der reduzierten Ausbreitungsvektoren eines Elektrons oben und eines freien Niveaus unten extrem selten eintreten. Dadurch wird also die Lebensdauer solcher angeregter Zustände um viele Zehnerpotenzen heraufgesetzt.

Die Elektronen, die jetzt praktisch im oberen Band eingesperrt sind, hätten nur noch die Möglichkeit, dadurch ins untere Band zurückzukehren, daß sie ein oder einige Schallquanten im Gitter erzeugen, wobei die Energiedifferenz zwischen dem unteren und oberen Band als Schallquantenenergie auftritt und die Impulse der Schallquanten dazu dienen, die Erfüllung des Impulssatzes zu garantieren.

Da die energetische Breite der verbotenen Zone zwischen den beiden Bändern im allgemeinen unvergleichlich viel größer ist als die Energie $h\nu_{\max}$ eines Schallquantes der maximalen Gitterfrequenz, so ist ein solcher Prozeß gerade dadurch ausgezeichnet, daß er eine Mindestzahl zu erzeugender Schallquanten verlangt. Für die Zahl $g$ ist damit jedenfalls eine untere Grenze gefunden. Denn wenn $\eta$ die Energiedifferenz zwischen dem unteren Rand des oberen und dem oberen Rand des unteren Bandes bedeutet, so muß $g$ immer größer oder gleich $\eta : h\nu_{\max}$ sein. Ist ferner $\Delta E$ die Energiedifferenz zwischen einem von einem Elektron besetzten Niveau des oberen und einem freien Niveau des unteren Bandes, so ist $g$ jedenfalls größer oder gleich $\eta : h\nu_{\max}$, und wir können $g$ dann gleich $\Delta E : h\bar{\nu}$ setzen, wobei $\bar{\nu}$ einen Mittelwert der bei einem $g$-fachen Stoß emittierten Frequenzen bedeutet. Ist die Zahl $g$ groß, so wird dieser Mittelwert für die einzelnen Stöße relativ wenig streuen. Da im allgemeinen die Energiebreite der verbotenen Zone von der Größenordnung 50 bis 100 Quanten der Energie $h\nu_{\max}$ ist, so dürfte die Größe $\bar{\nu}$ hinreichend genau bestimmt sein. Da die Dichte der Eigenschwingungen mit steigender Frequenz zunimmt (und zwar wie $\nu^2$), da ferner das Gebiet hoher Frequenzen, d. h. der Teil der $\nu$-Achse, auf dem die Frequenzen der Größenordnung $\nu_{\max}$ liegen, 90% des ganzen Gebietes ausmacht, so kann man sagen, daß mit Sicherheit der Wert von $\bar{\nu}$ zwar kleiner, aber doch von der Größenordnung von $\nu_{\max}$ ist. Damit dürfte dann die Häufigkeit der Vielfachstöße von Elektronen, die nicht allzuweit vom unteren Rande des oberen Bandes entfernt liegen, proportional zu $T^{50}$ bis $T^{100}$ sein.

*Das Leuchten der Selektivstrahler.*

Die Vielfachstöße haben demnach die charakteristische Eigenschaft, erst bei bestimmten Temperaturen, dann aber sehr plötzlich in Erscheinung zu treten. Bei welcher Temperatur das stattfindet, läßt sich ohne erheblichen Rechenaufwand nicht sagen. Dazu müßte man den Wert der Größen $X_{i,s}$ kennen. Wie oben gesagt, ist zur Berechnung dieses Koeffizienten für einen Übergang über eine verbotene Zone von der 50fachen Breite von $h\bar{\nu}$ das 50. Glied in der Reihenentwicklung des elektrostatischen Wechselwirkungspotentials zwischen Gitterionen und Elektronen nach steigenden Potenzen der Verrückungskoordinaten der Gitterbausteine maßgebend. Alles, was man allgemein von dem Koeffizienten $X_{i,s}$ sagen kann, ist, daß er sicher außerordentlich klein ausfallen wird. Die Folge davon ist, daß der Faktor $T^{50}$ sich trotz der hohen Potenz von $T$ doch erst bei relativ hohen Temperaturen bemerkbar machen kann. Dann allerdings wird die Häufigkeit dieser Prozesse derartig groß, daß alle anderen an sich noch möglichen Prozesse unterdrückt werden.

Mit dem Anwachsen der Häufigkeit dieser Vielfachstöße wächst auch die Wahrscheinlichkeit anderer Prozesse, die als Kombination einfacher Absorptions- bzw. Emissionsvorgänge von Strahlung mit Vielfachstößen angesehen werden können. Z. B. wird die Wahrscheinlichkeit dafür, daß gleichzeitig ein Lichtquant und viele Schallquanten vom Elektronengas absorbiert werden, relativ sehr groß werden, wenn die Wahrscheinlichkeit der Vielfachstöße allein so stark anwächst.

Diese neuen Prozesse haben deswegen eine so außerordentliche Bedeutung, weil durch sie das Elektronengas in die Lage versetzt wird, einer einfallenden Lichtstrahlung Quanten zu entnehmen, die an sich zu klein sind, um allein die Energiedifferenz zwischen den Bändern zu überwinden. Die Restenergie wird dann vom Gitter gedeckt.

Ebenso kann ein Elektron beim Übergang vom oberen ins untere Band die Energie so abgeben, daß ein Teil derselben durch Vielfachstöße ins Gitter übergeht und nur ein anderer Bruchteil als emittierte Strahlung auftritt. Dieser Prozeß macht sich also in einer grundlegenden Veränderung des Emissions- bzw. Absorptionsvermögens des Festkörpers bemerkbar. Nach diesen qualitativen Überlegungen ist daher zu erwarten, daß ein endliches Emissions- bzw. Absorptionsvermögen außerordentlich plötzlich bei einer bestimmten Temperatur in Gebieten auftritt, in denen bei etwas geringerer Temperatur der Körper noch ideal durchlässig war.

Ein solcher Vorgang wird nun auch tatsächlich beobachtet, und zwar bei isolierenden Selektivstrahlern, z. B. an reinem Quarzglas. Es ist bekannt, daß Quarzglas, dessen Durchlässigkeitsgebiet sich bis unter 1800 Å erstreckt, bei etwa 1200 K plötzlich Licht von weißlichgelber Farbe zu emittieren beginnt (Weißglut!). Dies ist ein Zeichen dafür, daß bei 1200 K der Quarz sogar schon im Gelben nicht mehr optisch durchlässig sein kann. Da bei etwa 1000 K das Absorptionsspektrum noch praktisch unverändert zu sein scheint, ist die Verschiebung der Absorptionsgrenze sehr stark, über 16 Å pro Grad!

Diese Erscheinung tritt in ihrer Plötzlichkeit um so klarer hervor, je reiner das Quarzmaterial in optischer und chemischer Hinsicht ist, d. h. je weniger Schlieren und Blasen einerseits, Verunreinigungen und Beimengungen andererseits vorhanden sind.

Enthält der Quarz Beimengungen, so tritt eine Verschiebung der Absorption nach langen Wellen bereits bei tieferen Temperaturen auf, allerdings dann mit nur etwa 1 Å/Grad, um schließlich bei Temperaturen über 1000 K wieder die obengenannten großen Beträge zu erreichen. Im ganzen wirkt sich das so aus, daß die Erscheinung weniger plötzlich einzusetzen scheint. Ähnlich verhalten sich auch Gläser, wo bereits bei niedrigen, weit unter dem Erweichungspunkt liegenden Temperaturen Verschiebungen der Absorptionsgrenze beobachtet werden.

So haben WEIZEL und WOLFF[1]) gefunden, daß mit wachsender Betriebsdauer nach dem Einschalten von Entladungsröhren aus Glas die Intensität des langwelligen Ultravioletts schwächer wird. Sie führten dieses Phänomen mit Recht auf eine Verlagerung der Absorptionsgrenze der benutzten Gläser nach langen Wellen unter dem Einfluß der Erwärmung zurück und untersuchten diesen Vorgang systematisch. Ihre Ergebnisse sind in Fig. 4 dargestellt. Es liegen also offenbar der Verschiebung der Absorptionsgrenze zwei verschiedene Mechanismen zugrunde: Der eine bewirkt eine allmähliche, von tiefsten Temperaturen an beginnende, dem Betrag nach kleine Verschiebung von etwa 0,1—1 Å/Grad, der andere eine plötzlich bei hohen Temperaturen einsetzende mit etwa 10—100 Å/Grad. Der Erstgenannte ist noch nicht restlos geklärt. Es scheint, daß die langsame Verschiebung durch die Modifikation der Bänder infolge der thermischen Ausdehnung verursacht wird, wodurch ja die Gitterkonstante vergrößert und damit die Aufspaltungsbreite und die Lage der Bänder beeinflußt wird. Damit wird auch das Verhalten des Quarzes bei Anwesenheit von Beimengungen verständlich, da bekanntlich durch solche der Ausdehnungskoeffizient des Quarzglases vergrößert wird (Zwischengläser).

Die starke, plötzlich bei hohen Temperaturen einsetzende Verschiebung haben RIEHL und die Verfasser mit dem Auftreten der Vielfachstöße in Zusammenhang gebracht[1]).

Die Vielfachstöße setzen infolge ihrer großen Häufigkeit bei hohen Temperaturen die Lebensdauer der Elektronenzustände im oberen Band sehr stark herab, und dieser Herabsetzung der Lebensdauer muß eine große Unschärfe der Energie der emittierten Strahlung entsprechen. Aus der Ungenauigkeitsrelation

$$\Delta E \cdot \Delta t \approx \frac{h}{4\pi}$$

bzw. $$\Delta \nu \cdot \Delta t \approx \frac{1}{4\pi}$$

kann man dann, wenn man die Größe $\Delta \nu$ identifiziert mit dem Betrage, um den die langwellige Absorptionsgrenze ins sichtbare Gebiet vorrückt, die verkürzte Lebensdauer und damit die Stoßhäufigkeit der Vielfachstöße berechnen. Man gelangt so zu einer rohen Abschätzung von $10^{16}$ Vielfachstößen pro Sekunde, die mit anderen aus der Theorie der Phosphore ermittelten Werten dieser Stoßhäufigkeit ganz gut übereinstimmt.

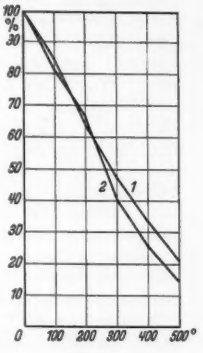



Fig. 4.
Kurve 1: Durchlässigkeit von Supraxglas bei 3150 Å.
Kurve 2: Durchlässigkeit von Gundelachglas bei 3350 Å.

*Kompliziertere Erscheinungen bei Luminophoren.*

Die erste und unmittelbarste Evidenz für das Auftreten der Vielfachstöße fanden die Verfasser bei den vielfältigen Erscheinungen der Phosphoreszenz an Zinksulfiden. Hier galt es, eine plausible Erklärung für die Prozesse der Tilgung und der Ausleuchtung zu finden, die das von SCHÖN und RIEHL[2]) für diese Phosphore ersonnene energetische Modell nicht erklären konnte. Der Aufklärung dieser Punkte wollen wir uns nunmehr zuwenden.

[1]) W. WEIZEL, H. W. WOLFF, Z. techn. Physik 11, 368 (1930).

[1]) F. MÖGLICH, N. RIEHL, R. ROMPE, l. c.
[2]) M. SCHÖN, l. c. — N. RIEHL, M. SCHÖN, l c.

Der Grundgedanke für die Erklärung der Tilgung und der Ausleuchtung wie auch für die Abschätzung der Ausbeute bei Anregung von Phosphoren durch Korpuskularstrahlen ist immer der gleiche. Die Elektronen im oberen Bande des Phosphors, die durch Übergang in die Aktivatorterme Lichtstrahlung emittieren können, haben eine bestimmte, durch den Ausstrahlungsmechanismus gegebene endliche Lebensdauer im oberen Bande. Diese ist, da der Leuchtvorgang durch eine bimolekular verlaufende Rekombination zustande kommt, intensitätsabhängig. Bei mittleren Intensitäten ergeben sich Halbwertzeiten für die Elektronenkonzentration von $10^{-1}$ bis $10^{-2}$ sec. Diese durch den Rekombinationsprozeß festgelegte Zeit kann verkürzt werden, wenn es noch andere Prozesse gibt, mit deren Hilfe die Elektronen strahlungslos in die Aktivatorterme gelangen. Wenn die durch diese neuen Prozesse hervorgerufene endliche Lebensdauer wesentlich größer ist als die von der Existenz des Strahlungsfeldes herrührende Lebensdauer, so werden die strahlungslosen Prozesse gegenüber der Wirksamkeit des Strahlungsfeldes nicht in Betracht kommen. Wird aber die Lebensdauer der ohne und mit Strahlung verlaufenden Prozesse von der gleichen Größenordnung, so werden Strahlung und nichtstrahlender Prozeß gleich häufig auftreten, und die Strahlung wird hinsichtlich ihrer Intensität auf etwa den halben Wert herabgesetzt, weil naturgemäß die Hälfte aller zur Strahlung fähigen Atome von der Möglichkeit eines nichtstrahlenden Überganges Gebrauch macht. Wird die Häufigkeit der strahlungslosen Vorgänge um eine Größenordnung größer, so ist die Strahlungsintensität nur noch 10% der ursprünglichen, und wenn die Häufigkeit des mit der Strahlung konkurrierenden Prozesses noch größer wird, so wird die Strahlung praktisch ausgelöscht sein.

Bei den meisten Phosphoren, insbesondere bei den Phosphoren des ZnS-Typs, beobachtet man einen ziemlich plötzlich einsetzenden Rückgang der Quantenausbeute und damit schnelles Verschwinden der Fluoreszenzstrahlung mit wachsender Temperatur. Dieser Prozeß spielt sich in einem relativ engen Temperaturintervall, beim ZnS zwischen 400 und 450°, ab. Oberhalb 450° ist eine Phosphoreszenz nicht zu beobachten, unterhalb von 400° ist die Quantenausbeute (d. h. das Verhältnis der Zahl der absorbierten Quanten zu der Zahl der emittierten Quanten) von der Größenordnung 1. Es muß daher mit wachsender Temperatur sich ein strahlungslos verlaufender Konkurrenzprozeß eingeschaltet haben, der die Lebensdauer der Elektronen im oberen Band ab 450° um 2 Zehnerpotenzen gegenüber der bei 400° verkleinert.

Nach dem oben Angeführten kann darüber kein Zweifel mehr herrschen, welcher strahlungslose Prozeß in Konkurrenz zu den Strahlungsübergängen auftritt. Denn abgesehen von der Schwierigkeit, weitere Prozesse mit großer übertragener Energie zu entdecken, zeigt doch die charakteristische Temperaturabhängigkeit dieses Effektes ganz deutlich, daß er auf das Wirken der Vielfachstöße zurückgeführt werden muß. Versucht man quantitativ abzuschätzen, soweit das spärliche Material über diesen Prozeß es zuläßt, wieviel Schallquanten bei der Tilgung beteiligt sein müssen, so findet man ungefähr die Zahl 60, wenn man das Verhältnis der Lebensdauern bei 750 K und bei 700 K zu $10^{-2}$ annimmt. Hierbei wird die Differenz zwischen dem oberen Band und den Aktivatortermen mit 2,5 eVolt angesetzt. Es ergeben sich durchaus plausible Verhältnisse, die Vielfachstoßhäufigkeit nimmt also mit $T^{60}$ zu.

Bei einem Phosphor ist die Quantenausbeute ferner eine Funktion der eingestrahlten Frequenz[1]). Obgleich zwar das Emissionsspektrum als solches bei einem Phosphor sich wesentlich als unabhängig von der eingestrahlten Frequenz erwiesen hat (wenigstens innerhalb des Gebietes der überhaupt wirksamen Strahlung), ist die Quantenausbeute stark von der Frequenz abhängig (Fig. 5). In der Nähe der langwelligen wirksamen Grenze ist die

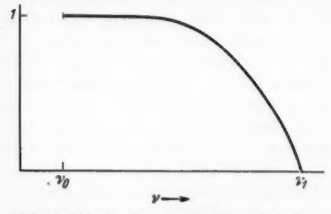



Fig. 5. Abhängigkeit der Quantenausbeute von der Frequenz der einfallenden Strahlung. Auf der Ordinate ist das Verhältnis der Zahl der absorbierten zur Zahl der emittierten Lichtquanten aufgetragen. $\nu_0$ ist die Minimalfrequenz, bei der der Phosphor zu arbeiten beginnt, $\nu_1$ die Grenze vollständiger Auslöschung. $\nu_1 - \nu_0$ ist bei den meisten Phosphoren bei Zimmertemperatur von der Größenordnung $10^{14}$.

Quantenausbeute konstant und bei nicht zu hohen Temperaturen praktisch 1 und sinkt mit wachsender Frequenz ziemlich schnell auf kleine Werte ab. Dies bedeutet, daß, obgleich kurzwellige Strahlung absorbiert wird, die Emission der Fluoreszenz trotzdem ausbleibt. Die Frequenz, bei der die Fluoreszenz verschwindet, ist temperaturabhängig, und mit wachsender Temperatur verschiebt sich diese Grenze zu kleineren Frequenzen.

Auch diese Erscheinung wird durch die Vielfachstöße erklärt. Je höher ein Elektron ins obere

[1]) Wie von RIEHL gefunden, wächst sie außerdem mit der Intensität: Hier liegt offenbar der umgekehrte Fall vor, wie bei der Temperaturauslöschung. Die Vielfachstoßhäufigkeit ist konstant, und die Lebensdauer der Elektronen im oberen Band verkürzt sich mit wachsender Intensität der absorbierten Strahlung, so daß sich das Verhältnis zugunsten der Ausstrahlung verschiebt.

Band geschoben wird, um so größer ist die Energie, die es an das Gitter abgeben kann. Daher werden bei Elektronen, die durch kurzwellige Strahlung ins obere Band gehoben werden, zum Zwecke des Rücktransportes mehr Schallquanten mitzuwirken haben als bei einem Elektron, das nur in die Nähe des unteren Randes des oberen Bandes gelangt. Daher wird im ersten Falle der Exponent $\Delta E/h\bar{\nu}$ von $T$ größer sein als im zweiten Falle. Zwar ist die relative Häufigkeit der Vielfachstöße auch noch abhängig von den Größen $X_{is}$, und wenn sich bei gleichem Endzustande $s$ der Anfangszustand $i$ zu höheren Energien verlagert, wird man im allgemeinen zu erwarten haben, daß $X_{is}$ mit wachsendem $i$ kleiner wird. Im allgemeinen aber wird diese Größe als Funktion von $E_i$ (Energie des Zustandes $i$) sich nur unwesentlich mit wachsendem $E_i$ verändern. Die Veränderung, die das Wachsen der Größe $E_i$ an der Temperaturfunktion hervorbringt, ist aber die Hinzufügung eines Faktors $T^{\frac{E_i - E_0}{h\bar{\nu}}}$, wo $E_0$ etwa die Energie am unteren Rande des oberen Bandes bedeutet. Das Produkt aus beiden Größen wird daher in jedem Falle, und zwar im allgemeinen stark, mit wachsendem $E_i$ zunehmen. Die Elektronen, die mit großer Energie in das obere Band gehoben werden, kommen daher in Gebiete, in denen die Häufigkeit der Vielfachstöße wesentlich größer ist als am unteren Rande des oberen Bandes. Die Konkurrenz der Vielfachstöße mit den Strahlungsübergängen kann daher für hohe Energien der Elektronen so groß geworden sein, daß praktisch alle Elektronen ohne Strahlung in die Aktivatorterme übergehen, während die vom Rande des oberen Bandes in die Aktivatorterme übergehenden Elektronen noch ausschließlich Strahlung emittieren.

Für den Tilgungsprozeß ist allerdings notwendig, daß die Stoßhäufigkeit wesentlich größer als $10^{10}$ pro Sekunde ist. Wäre dies nämlich nicht der Fall, so würde die Plasmawechselwirkung dafür sorgen, daß die Elektronen erst strahlungslos an den unteren Rand des oberen Bandes gelangen. Damit würden aber die Elektronen in ein Gebiet hineingeraten, in dem die Vielfachstöße nicht mehr maßgebend sind. Da die Stöße der Elektronen untereinander die Häufigkeit $10^{10}$ und mehr haben, so wird eine Tilgung praktisch erst in solchen Gebieten auftreten, in denen die Stoßhäufigkeit der Vielfachstöße etwa die Größe $10^{12}$ hat. Damit hätte man die Möglichkeit einer Abschätzung für die Häufigkeit der Vielfachstöße, wenn man genau angeben könnte, für welche Frequenzen des eingestrahlten Lichtes die Tilgung wirklich vollständig ist. Für diesen Wert der Energie könnte man die Häufigkeit der Vielfachstöße etwa zwei Zehnerpotenzen größer annehmen als die der Stöße der Elektronen untereinander und daraus rückwärts für die übrigen Gebiete die Häufigkeit ausrechnen. Leider aber sind die Angaben, bei welchen Frequenzen die Tilgung beginnt, nur ganz qualitativ. Immerhin wollen wir zur Fixierung der Vorstellung angeben, daß, wenn am unteren Rande des oberen Bandes die Häufigkeit der Vielfachstöße bei Zimmertemperatur $10^7$ ist, die Grenze der Tilgung nur $^1/_{10}$ eVolt höher liegt. Liegt aber — wieder bei Zimmertemperatur — die Tilgungsgrenze um 1 Volt über dem unteren Rande des oberen Bandes, so ist die Häufigkeit der Vielfachstöße am Rande des Bandes $10^{-48}$, d. h. es findet dann am unteren Rande des Bandes nur jede $10^{48}$ste Sekunde ein einziger Vielfachstoß statt. Diese Zahlen zeigen, wie scharf an sich die Grenze der Tilgung definiert sein muß.

Übrigens kann man auch noch das folgende Zahlenbeispiel angeben. Angenommen ein Phosphor, bei dem die Auslöschung durch Erwärmung bei 700 K beginnt und bei 750 K beendet ist. Für Zimmertemperatur findet man die Häufigkeit der Vielfachstöße am unteren Rande des oberen Bandes zu $10^{-3}$. Es liegt dann die Tilgungsgrenze bei Zimmertemperatur $^1/_5$ eVolt oberhalb des Randes des oberen Bandes. Dieses Zahlenbeispiel dürfte ganz roh für Zinksulfidphosphore zutreffen.

Derselbe Mechanismus setzt natürlich auch ein, wenn die Elektronen aus den Anlagerungsstellen nicht durch langwelliges, sondern durch kurzwelliges Ultrarot in das obere Band befördert werden. Auch dann geraten die Elektronen zu hoch in das unbesetzte Band hinauf und werden von den Vielfachstößen in die Aktivatorterme hinunterbefördert.

### *Anregung von Leuchtstoffen durch Kathoden- und α-Strahlen*[1]).

Bekanntlich können Kristallphosphore außer durch Absorption von kurzwelligem Licht auch durch Beschießen mit Elektronen (Kathodenstrahlen) oder auch α-Teilchen zum Leuchten gebracht werden. Die Eigenschaften dieser Emission sind, wie man aus Untersuchungen von KNOLL[2]) und von RIEHL[3]) schließen kann, die gleichen wie bei Strahlungsanregung. Die energetische Ausbeute ist bei Elektronenanregung 5—8 %, bei Anregung mit α-Teilchen etwa 80 %. Die bessere Ausbeute bei Anregung mit schweren Teilchen macht sich bekanntlich schon dadurch bemerkbar, daß nur diese Szintillationen auf Leuchtschirmen hervorbringen, während bei Elektronenbeschuß solche nicht beobachtet werden.

Für das Eindringen von Elektronen in Kristalle ist empirisch eine Abhängigkeit der Eindringtiefe von der 4. Potenz der Geschwindigkeit der auffallenden Elektronen gefunden worden, also dieselbe, die sich für das Eindringen schneller Elektronen in ein Plasma ergibt [s. Gl. (1)]. Die Verfasser kamen auf Grund dieses Sachverhaltes zu dem

[1]) F. MÖGLICH, R. ROMPE, Z. f. techn. Phys. **21**, 304, 1940; Phys. Z. **41**, 552, 1940.
[2]) M. KNOLL, Z. Phys. **116**, 385, 1940.
[3]) N. RIEHL, Ann. d. Phys. (5) **11**, 103, 1931.

Schluß, daß die Wechselwirkung der in den festen Körper eindringenden Elektronen offenbar erschöpfend durch den Plasma-Relaxationsvorgang beschrieben wird. Die Wechselwirkung muß daher vorwiegend als von den im Festkörper als hinlänglich frei anzusehenden Elektronen herrührend betrachtet werden, während eine Wechselwirkung zwischen dem einfallenden Elektron und dem Gitter vernachlässigt werden kann. Solange die Energie des Primärteilchens groß ist gegen die Breite der verbotenen Zonen, wird man in der Tat die Elektronen als frei ansehen dürfen, d. h. man kann das Elektronengas klassisch behandeln.

Auch für die Wechselwirkung des α-Teilchens ist anzunehmen, daß sie von den Elektronen allein herrührt. Zwar ist die Eindringtiefe für diese Teilchen nur $v^2$ oder $v^3$ proportional, doch kann man auf Grund von Untersuchungen von BETHE[1]) schließen, daß auch für diesen Fall der größte Teil der Energie an die Elektronen des Festkörpers abgegeben wird.

Auf der anderen Seite besteht experimentell kein Hinweis anzunehmen, daß der eigentliche Leuchtmechanismus in beiden Fällen verschieden ist oder von dem von SCHÖN und RIEHL behandelten Falle der Anregung durch Strahlung wesentlich abweicht.

Somit kann der Unterschied in der Ausbeute nur im Ablauf, nicht aber in der Art der Zwischenprozesse liegen: In beiden Fällen erzeugt das Primärteilchen Sekundärelektronen, diese wieder Tertiärelektronen usw. Zum Schluß müssen, um den Leuchtmechanismus zu betätigen, langsame Elektronen übrigbleiben, welche gemäß unseren Erfahrungen über die Quantenausbeute bei kurzwelliger Einstrahlung eine Energie von etwa $\eta + 1$ eVolt besitzen, wenn $\eta$ die Breite der verbotenen Zone ist. Elektronen, deren Energie größer ist als $\eta + 1$ eVolt, gehen, wie wir bereits ausführten, strahlungslos durch Vielfachstöße in die Aktivatorterme bzw. das untere Band hinunter. An derartigen langsamen Elektronen bleiben im Falle der Kathodenstrahlenanregung etwa $0{,}1 \cdot \frac{E}{\eta + 1}$, bei α-Teilchen $0{,}8 \cdot \frac{E}{\eta + 1}$ übrig. Alle anderen werden durch Vielfachstöße unwirksam gemacht. Wir nehmen der Einfachheit halber an, daß für alle Elektronen, soweit ihre Energie größer als $\eta + 1$ ist, eine konstante „Sterbenswahrscheinlichkeit" existiert. Dann wird die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Elektrons von seiner Wirkungsdauer im Kristall, d. h. vom Beginn seiner Erzeugung bis zur Abbremsung auf einen Energiebetrag von höchstens $\eta + 1$ eVolt abhängen, also von seiner Relaxationsdauer gemäß Gl. (1), d. h. proportional zur 3. Potenz der Geschwindigkeit sein; sie nimmt also mit der Geschwindigkeit stark zu.

Aus der bekannten Häufigkeit der Vielfachstöße (s. o.) kann man abschätzen, daß die mittlere Stoßzeit für Vielfachstöße bei 10 KV-Elektronen um eine Größenordnung kleiner ist als die Relaxationszeit dieser Elektronen, d. h. daß übereinstimmend mit dem experimentellen Befund die Ausbeute etwa 0,1 ist.

Demgegenüber besitzt die Energieabgabe der α-Teilchen einen wesentlichen Unterschied. Ein α-Teilchen erzeugt Sekundärelektronen von sehr viel kleinerer Energie, nämlich um den Faktor $m : M$ kleinerer, wo $m$ bzw. $M$ die Massen von Elektron bzw. α-Teilchen bedeuten. Die so entstehenden Elektronen haben demgemäß eine um $(m/M)^{1/2}$ kleinere Relaxationsdauer, sind also in der Konkurrenz gegen die als konstant angenommene Sterbenswahrscheinlichkeit sehr bevorzugt. Da für Elektronenstoßanregung etwa 10% Ausbeute sich ergeben, sind für α-Teilchen Ausbeuten von nahezu 100% plausibel.

[1]) H. BETHE, Ann. d. Phys. (5) 325, 1930.

# Kurze Originalmitteilung.

**Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.**

## Sichtbarmachung einer Gitter-Umklappung.

Reaktionen im festen Zustand, bei denen sich aus einer festen Phase eine andere bildet, also auch Phasenumwandlungen, verlaufen im allgemeinen so, daß im Innern oder an Begrenzungen der alten Phase sich Keime der neuen bilden, von denen aus die neue Phase auf Kosten der alten in diese hineinwächst. Die Phasengrenzlinie, mikroskopisch als „BECKEsche Linie" beobachtbar, wandert dabei mit meßbarer Geschwindigkeit durch das Präparat hindurch. Dieser Ablauf läßt sich thermodynamisch plausibel machen (OSTWALD, LANGMUIR) und ist durch verschiedene Beobachtungsmethoden in zahllosen Fällen sichergestellt und auch reaktionskinetisch in allen Folgerungen (Autokatalyse) geprüft worden. Seine Grundlage ist das Vorliegen einer bestimmten statistischen Wahrscheinlichkeit für Gitterbausteine der alten Phase an der Phasengrenze, bei Vorliegen eines bestimmten minimalen Energieinhalts durch Platzwechsel in die der neuen Phase entsprechende Lage überzugehen. Man ist allgemein der Ansicht, daß Gitterumwandlungen immer nach diesem Mechanismus vor sich gehen[1]).

Erst in neuerer Zeit hat man sich die Frage gestellt, ob nicht auch Phasenübergänge der Art möglich sind, daß ein ganzes Gitter gleichzeitig in die neue Form übergeht — „umklappt". Das ist dann möglich, wenn bestimmte Netzebenen des Gitters in gleicher Besetzung im neuen Gitter wiederkehren, so daß durch Gleitung längs dieser Ebenen in bestimmten Richtungen das neue Gitter entsteht. Statt einzelner Gitterbausteine würden dann ganze Netzebenen springen. Diese Voraussetzungen führen zu Umwandlungsgeschwindigkeiten von der Größenordnung der Schallgeschwindigkeit auch noch bei den tiefsten Temperaturen, so daß ein Abschrecken der metastabilen Phase außerhalb ihres Existenzbereiches durch rasche Abkühlung nicht möglich sein sollte. Hingegen sollten elastische Spannungen, die die Gleitung erschweren, zu Temperaturhysterese führen können.

In der Tat hat man bei einigen durchweg metallischen Systemen, nämlich bei Zr, Co, Tl, Ni-haltigem Fe und bei der Austenit-Martensit-Umwandlung röntgenographisch Umwandlungen festgestellt, bei denen die geforderten kristallographischen Beziehungen beider Phasen und die Unabschreckbarkeit in flüssiger Luft erfüllt sind[2]). Kinematographische Aufnahmen[3]) zeigten auch das diskontinuierliche Auftreten von Martensitnadeln im Austenitgefüge.

Es ist uns nun anscheinend im Laufe einer Untersuchungs-

reihe über Umwandlungsvorgänge gelungen, eine solche Umklappung in einem Salzkristall unmittelbar zur bequemen visuellen Beobachtung zu bringen. Kaliumdichromat $K_2Cr_2O_7$ besitzt einen Umwandlungspunkt bei 236,8°, wo die gewöhnliche trikline Form in die monokline Hochtemperaturform übergeht und umgekehrt. Wenn man nun im Polarisationsmikroskop einen triklinen Kristall dieses Salzes bei gekreuzten Nikols in die Stellung stärkster Auslöschung bringt und ihn dann erwärmt, so tritt beim Umwandlungspunkt oder meist einige Grade darüber *blitzartig* eine Aufhellung des *ganzen* Kristalls auf, der dabei gewöhnlich in mehrere Bruchstücke zerspringt. Eine wandernde Phasengrenze ist dabei niemals zu beobachten. Die entstandenen monoklinen Bruchstücke haben alle dieselbe Orientierung, d. h. sie löschen zwischen gekreuzten Nikols sämtlich in derselben Stellung aus, die von der Auslöschungsstellung des triklinen Mutterkristalls um etwa 20° nach rechts oder links verschoben ist. Senkt man die Temperatur, so tritt wiederum blitzartig im Umwandlungspunkt oder etwas darunter eine Aufhellung aller Bruchstücke ein, aber nacheinander und unabhängig voneinander. Sie zerfallen dabei meist wiederum in kleinere Stücke. Soweit bei ihnen eine Auslöschungsstellung noch zu beobachten ist, liegt sie bei verschiedenen Stücken stets um 20° rechts oder links von der Auslöschungsstellung der monoklinen Stücke. Das Spiel läßt sich vielmals wiederholen, und jedesmal hat die monokline Form dieselbe Orientierung, die trikline eine der erwähnten beiden. Wenn die Teilchen eine Größe von etwa 0,03 mm unterschreiten, so tritt das Umklappen zuweilen auch ohne Zerbrechen des Stückes, aber sonst in gleicher Weise ein; zuletzt bleibt sie auch ganz aus, d. h. die Temperaturhysterese wird so groß, daß die Umwandlung nicht mehr im Meßbereich auftritt.

Es sprechen alle Anzeichen dafür, daß wir es hier mit einem der besprochenen Umklappvorgänge zu tun haben. Das Zerplatzen bei der Umwandlung hat mit der Erscheinung an sich nichts zu tun; es ist, wenigstens bei der Abkühlung, schon bekannt und wurde von SAHMEN und TAMMANN[4]) durch den sehr großen Dichtesprung bei der Umwandlung erklärt. Die hierher rührende Größe der Schubspannungen erklärt aber die großen Temperaturhysteresen im Sinne der Theorie der Umklappvorgänge. Ebenso liegen die Orientierungsbeziehungen der beiden Phasen im Sinne dieser Theorie.

Es ist uns bisher nicht gelungen, das eindrucksvolle Phänomen bei noch anderen Stoffen zu beobachten.

Piräus (Griechenland), Abteilung für Anorganische, Physikalische und Katalytische Chemie des Instituts für Chemie und Landwirtschaft „Nikolaos Kanellopoulos", den 22. Januar 1941.

GEORG-MARIA SCHWAB. ELLY SCHWAB-AGALLIDIS.

---

[1]) Siehe z. B. S. LEONHARDT u. W. BORCHERT, Naturwiss. **24**, 412 (1936).

[2]) U. DEHLINGER, Erg. exakt. Naturwiss. **10**, 325 (1931) — Z. Metallkde **25**, 62 (1933) — Z. Physik **105**, 21 (1937). — H. SHOJI, Z. Kristallograph. **77**, 381 (1931). — BURGER, Z. Kristallograph. **96**, 182 (1937) — Chem. Zbl. **1938** II, 492.

[3]) H. WIESTER, Z. Metallkde **24**, 276 (1932).

[4]) R. SAHMEN u. G. TAMMANN, Z. Kristallograph. **41**, 283 (1906).

## Besprechungen.

MÜLLER, EUGEN, **Neuere Anschauungen der organischen Chemie.** — Organische Chemie in Einzeldarstellungen, herausgegeben von H. BREDERECK und E. MÜLLER. Band 1, X., 391 S. u. 40 Abbild. 16 cm × 23 cm. Berlin: Julius Springer 1940. Preis geh. RM 27.—, geb. RM 28.80.

„Organische Chemie in Einzeldarstellungen" nennt sich eine von H. BREDERECK und E. MÜLLER herausgegebene Sammlung, die „in vorausschauender Planung zusammenfassende Darstellungen der verschiedensten Gebiete der organischen Chemie sammeln will, um einer weiteren Zersplitterung des deutschen chemischen Buchwesens vorzubeugen und das Auffinden des einschlägigen Schrifttums zu erleichtern". Diese Sammlung konnte nicht besser eingeführt werden als durch den vorliegenden 1. Band von EUGEN MÜLLER, in dem neuere Anschauungen der organischen Chemie in ebenso meisterhafter wie anregender und kritischer Weise wiedergegeben werden. Fußend auf der „in ihren Grenzen stets von gleichem Wert bleibenden" Strukturlehre werden Eigenschaften und Reaktionsweisen organischer Verbindungen unter dem Gesichtspunkt der Elektronentheorie gedeutet. Der Inhalt des Buches ist nach dem Bindungszustand des Kohlenstoffs gegliedert. Im leicht lesbaren ersten Kapitel über die einfache Atombindung werden die Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung, die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung, die Kohlenstoff-Halogen-Bindung, die Kohlenstoff-Sauerstoff- und die Kohlenstoff-Schwefel-Bindung und die Kohlenstoff-Stickstoff-Bindung betrachtet, denen sich eine Darstellung der Ammonium- und Sulfonium-Verbindungen und der semipolaren Bindung anschließt. In dem Abschnitt über die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung findet sich eine Darstellung der BAEYERschen Spannungstheorie in ihrer heute gültigen Form und eine sehr wertvolle Zusammenfassung über das Wesen der optischen Aktivität. Das 2. Kapitel bildet den Schwerpunkt des Buches in der Darstellung der doppelten Atombindung. Bei ihrer elektronischen Deutung wird der Begriff der Mesomerie eingehend erläutert, der nunmehr in seinen Grundlagen die Betrachtung der Eigenschaften und Reaktionen ungesättigter Verbindungen mit isolierten, kumulierten, konjugierten Doppelbindungen, mit Kohlenstoff-Sauerstoff- und Stickstoff-Stickstoff-Doppelbindungen oder mit aromatischem Bindungssystem beherrscht. Im 3. Kapitel über die dreifache Atombindung bietet besonders der Abschnitt über die Stickstoff-Stickstoff-Dreifachbindung eine große Reihe neuer Gesichtspunkte bei der Betrachtung der Diazoverbindungen und Azide im Sinne der neuen Vorstellungen. Im 4. Kapitel, das den freien Radikalen gewidmet ist, spürt man die entscheidenden Beiträge, die man dem Verfasser selbst in der experimentellen und theoretischen Bearbeitung gerade dieses Gebietes — insbesondere durch das Studium der magnetischen Eigenschaften der Radikale — verdankt. Im 5. und 6. Kapitel werden die in den ersten Abschnitten des Buches gewonnenen Erkenntnisse verwendet, um intramolekulare Änderungen der Struktur und die zwischen Konstitution und Farbe bestehenden Beziehungen zu deuten.

Die Elektronentheorie war im deutschen Schrifttum der organischen Chemie nicht in dem Maße berücksichtigt, wie sie es verdient. Diese Lücke füllt in vorbildlicher Form die Darstellung von EUGEN MÜLLER aus, die entsprechend dem Vorwort des Verfassers mit Recht für sich in Anspruch nehmen darf, nicht etwa um des reinen Theoretisierens willen geschrieben worden zu sein. Die neuen Anschauungen werden durch die Laboratoriumsarbeit des organischen Chemikers, verbunden mit den Ergebnissen des Physikers, allmählich entwickelt; sie müssen heute Allgemeingut werden und werden dann sicher zu mancher neuen Arbeit im Laboratorium anregen. Wir wollen dem Verfasser danken, daß er uns dazu durch die von ihm geleistete, sicher nicht leichte Arbeit den Weg weist und seinem auch äußerlich vorzüglich ausgestatteten Buch weiteste Verbreitung wünschen.

A. BUTENANDT, Berlin-Dahlem.

THOMSON, G. P., und W. COCHRANE, **Theory and Practice of electron diffraction.** London: Macmillan and Co. 1939. XI, 334 S., 109 Abb. und 10 Tafeln. 14 cm × 22 cm. Preis geb. Sh 18/—.

„Wir haben versucht, in diesem Buch eine leidlich vollständige Behandlung des Gegenstandes von der theoretischen und von der praktischen Seite zu geben, aber die Theorie ist unter dem Gesichtspunkt des Experimentalphysikers geschrieben, und wir haben nicht angestrebt, uns vollständig auf die schwierigen Fragen philosophischer Art einzulassen, die mit einer logischen Formulierung der Quantentheorie verknüpft sind. Doch hoffen wir, bei unseren Bemühungen, ein für den praktischen Physiker leicht zu erfassendes Bild zu geben, nichts gesagt zu haben, was uns den Fluch der orthodoxen Schule der Quantenphysiker zuzöge."

Die Verfasser gehen von dem Eindruck aus, daß trotz der vielen Erfolge der Elektroneninterferenzuntersuchungen und trotz der Verschiedenartigkeit ihrer Anwendungen auf physikalische und chemische Probleme viele, die sie anwenden könnten, noch von der Scheu vor Versuchs- und Deutungsschwierigkeiten zurückgehalten werden. Sie schildern daher eingehend die Versuchstechnik und sehen die Kapitel, in denen Aussehen und Deutung der bei den üblichen Verfahren auftretenden Bilder behandelt wird, als den eigentlichen Kern des Buches an.

Auf drei einführende Abschnitte, die mit den Grundbegriffen der Wellenlehre beginnen, folgt ein eingehenderes Kapitel „Experimenteller Nachweis der Elektronenwellen", das mit den DAVISSON-GERMERschen Versuchen von 1927 beginnt, mit den THOMSON-REIDschen von 1927/28 fortfährt und die Prüfung von Debye-Scherrer-Ringen eingehend an Zahlen der THOMSONschen Beobachtungen von 1928 erläutert. Die vier nächsten Kapitel bringen Theorie, das fünfte eine kurze, aber durch bestimmte persönliche Stellungnahme zu grundsätzlichen Fragen belebte Wiedergabe der Grundgedanken zur theoretischen Deutung (Welle, Wahrscheinlichkeit, Kohärenz), das sechste führt das reziproke Gitter ein und geht darin bis zur LAUE-MENZERschen Behandlung des begrenzten Kristalls, das siebente behandelt Intensitätsfragen (Atom- und Gitterfaktor, Absolutintensität, Eingreifen der unelastischen Stöße), das achte schließlich betrachtet „einige sekundären Vorgänge", nämlich Brechung, Kikuchilinien, Enveloppen. Nun folgt — man ist an dem eingangs erwähnten „Kern" des Buches — das neunte Kapitel: „Die Haupttypen des Beugungsbildes und ihre Deutung." Zunächst werden systematisch die Einzelheiten aufgezählt, die man im Durchstrahlungs- und im Reflexionsbild, an poly- und an monokristallinem Material, bei fester Stellung und mittels Rotation des Streukörpers zu sehen bekommen kann. Die nun folgenden Bemerkungen zur Interpretation beschäftigen sich, da die Deutung der Grundzüge schon in den vorangegangenen Abschnitten behandelt wurde, in besonderem Maß mit Einzelheiten und ungewöhnlicheren Zügen und nehmen Stellung dazu, wie sie zu deuten sind. Dies ist natürlich eine der Stellen, an denen sich besonders stark geltend macht, daß Autoren sprechen, die nicht einfach referieren, sondern selbst produktiv auf dem behandelten Gebiet tätig sind und aus einer Erfahrung von ungewöhnlichem Umfang heraus auch zu schwebenden Fragen Stellung nehmen. Anschließend wird die Messung des inneren Potentials behandelt.

Die zweite Hälfte des Buches behandelt zunächst Anwendungen von praktischem Interesse, nämlich Wachstum (dünne Schichten), Politur, Fette und Schmierung. Nachdem dies durch eine schlagwortartige Übersicht über weitere Anwendungen beendet ist, folgen: Experimentiertechnik, Beugung an Gasmolekülen, Beobachtung mit langsamen Elektronen, eine an BETHE anknüpfende kurze Darstellung der Grundlinien der dynamischen Theorie und ein kurzer Abschnitt über Polarisation.

Gute Register, brauchbare Reproduktionen, ausgezeichneter Druck, wenig Druckfehler. Man vermißt an den Seitentiteln die Kapitelnummern, nach denen im Text regelmäßig zitiert wird.

An Reichhaltigkeit, Frische der Darstellung, Klarheit der Stellungnahme entspricht das Buch der hohen Erwartung, die man nach den Namen seiner Verfasser hegt. KOSSEL, Danzig.

RUTTNER, FRANZ, **Grundriß der Limnologie.** Hydrobiologie des Süßwassers. Berlin: Walter de Gruyter & Co. 1940. V, 167 S., 39 Abbild. 15×23 cm. Preis: geb. RM 6.—.

RUTTNERS Grundriß der Limnologie ergänzt die bisher vorliegenden Einführungen in die Limnologie in vorzüglicher Weise. Die drei ältesten (THIENEMANN 1925, LENZ 1928, BREHM 1930) sind von Limnologen geschrieben, die von der Zoologie aus zu dieser Wissenschaft kamen; infolgedessen ist bei ihnen das Botanische etwas stiefmütterlich behandelt, ein Mangel, dem, wie schon in STEINECKES kürzlich an dieser Stelle besprochenen Buch „Der Süßwassersee", nun auch in dem vorliegenden Grundriß abgeholfen wird. In den letzten beiden Jahrzehnten hat die Erforschung der physikalischen und chemischen Verhältnisse der Binnengewässer und ihrer Abhängigkeit von den Lebensvorgängen einen gewaltigen Aufschwung genommen. Daher hat RUTTNER, der an dieser Entwicklung selbst ein großes Verdienst hat, „das Wasser als Lebensraum" in den Mittelpunkt seiner Darstellung gerückt und ihm die Hälfte des Textes eingeräumt. Von den Lebensgemeinschaften der Binnengewässer wurde das Plankton, als Beispiel, ausführlich behandelt, während die anderen Lebensgemeinschaften nur in großen Zügen dargestellt wurden. Das Buch ist die Frucht der an der Biologischen Station Lunz alljährlich abgehaltenen Lehrgänge; daher sind bei der Wahl der Beispiele die Verhältnisse der Lunzer Gewässer besonders herangezogen worden. Daß auch die reichen wissenschaftlichen Erfahrungen, die RUTTNER während der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition 1928/29 gewonnen hat, in ausgedehntem Maße verwertet wurden, ist selbstverständlich. RUTTNERS Grundriß stellt eine der wertvollsten Neuerscheinungen auf limnologischem Gebiete dar; er ist ein sicherer Führer für den Limnologiestudierenden und bietet eine Fülle von Tatsachen und Anregungen, für die auch der ältere Limnologe dem Verf. zu Dank verpflichtet ist. Das Buch wird bald zum unentbehrlichen Rüstzeug jedes Limnologen gehören. Es wendet sich dabei aber überhaupt an alle, die durch ihre wissenschaftlichen Interessen oder durch ihren Beruf veranlaßt werden, sich mit den Gewässern und den Vorgängen, die sich darin abspielen, näher zu befassen; also nicht nur an Studierende der Biologie und Limnologie, an Vertreter der theoretischen und praktischen Fischereiwirtschaft, sondern auch an Geographen, Geologen und an die Techniker des Wasserbaues, die häufig vor Fragen gestellt werden, die nur bei einer ganzheitlichen, limnologischen Betrachtungsweise einer befriedigenden Lösung zugeführt werden können.

A. THIENEMANN, Plön.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

*Soeben erschien:*

# Einführung in die Physiologie des Menschen

Von

Professor Dr. **Hermann Rein**

Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Göttingen

Vierte Auflage

Mit 402 Abbildungen. XI, 507 Seiten. 1941. Gebunden RM 19.60

Inhaltsverzeichnis:

**I. Die sog. vegetative Physiologie.** I. Die Physiologie des Blutes. II. Die Physiologie des Blutkreislaufes. 1. Die Physiologie des Herzens. 2. Der periphere Kreislaufapparat. 3. Die Anpassung des Kreislaufes an den Blutbedarf des Organismus. 4. Die Physiologie des Capillargebietes und das Lymphsystem. III. Die Physiologie der Atmung. A. Die Gewebsbeatmung. B. Die Lungenatmung. IV. Der Gesamtenergieumsatz des Körpers. V. Der Wärmehaushalt des Menschen. VI. Die Physiologie der Ernährung. VII. Die Physiologie der Verdauung. VIII. Die Physiologie der Niere. IX. Die Physiologie der „inneren Sekretion". — **II. Die sog. animalische Physiologie.** I. Die Physiologie der Muskulatur. II. Die Physiologie der peripheren Nerven. III. Über „reflektorische" Erregungen. IV. Das zentrale Nervensystem. 1. Das Rückenmark. 2. Das periphere „autonome oder vegetative" Nervensystem und seine Zusammenhänge mit dem Zentralnervensystem. 3. Das Rautenhirn und das Gebiet der Hirnnerven. 4. Das Endigungsgebiet des achten Hirnnerven als Ausgangsort reflektorisch-motorischer Vorgänge (Labyrinth-Stell- und Haltereflexe). 5. Vierhügelgebiet, Kleinhirn und Hirnstammganglien. 6. Das Großhirn. — **III. Die Physiologie der Sinnesorgane.** I. Allgemeine Sinnesphysiologie. II. Spezielle Sinnesphysiologie. 1. Das Getast. 2. Der Geschmackssinn. 3. Der Geruchssinn. 4. Das Gehör. Anhang: Die menschliche Stimme und Sprache. 5. Der Gesichtssinn. — **Sachverzeichnis.**

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

# Handbuch der Astrophysik

Herausgegeben von

**G. Eberhard A. Kohlschütter H. Ludendorff**

*Zuletzt erschien:* **Band VII**

## Ergänzungsband

**Berücksichtigend die Literatur bis Ende 1934**
**nebst einem Generalregister des Gesamtwerkes**

Mit 110 Abbildungen. IX, 755 Seiten. 1936. RM 126.—; gebunden RM 129.—

Inhaltsübersicht:

**Band I:** Kap. 3. Spektroskopie. Von K. W. Meissner-Frankfurt a. M. — Kap. 5. Apparate und Methoden zur Messung der Gesamtstrahlung der Himmelskörper. Von W. E. Bernheimer-Wien. — **Band II:** Kap. 1. Theoretische Photometrie. Von E. Schoenberg-Breslau. — Kap. 2. Spektralphotometrie. Von H. Brück-Potsdam. — Kap. 3. Kolorimetrie. Von H. von Klüber-Potsdam. — Kap. 4. Lichtelektrische Photometrie. Von H. Rosenberg-Kiel. — Kap. 5. Photographische Photometrie. Von G. Eberhard-Potsdam. — Kap. 6. Visuelle Photometrie. Von W. Hassenstein-Potsdam. — **Band III:** Kap. 2 und 8. Thermodynamik der Sterne und Pulsationstheorie. Von B. Strömgren-Kopenhagen. — Kap. 3. Die Ionisation in den Atmosphären der Himmelskörper. Von B. Strömgren-Kopenhagen. — Chapter 4. The Principles of Quantum Theory. By S. Rosseland-Oslo. — Kap. 5. Gesetzmäßigkeiten in den Serienspektren. Von W. Grotrian-Potsdam. — Kap. 6. Theorie der Multiplettspektren. Von O. Laporte-Ann Arbor, Michigan. — Kap. 7. Bandenspektra. Von K. Wurm-Potsdam. — **Band IV:** Kap. 1. Strahlung und Temperatur der Sonne. Von W. E. Bernheimer-Wien. — Chapter 2. Solar Physics. By G. Abetti-Firenze. — Chapter 3. Eclipses of the Sun. By S. A. Mitchell-Charlottesville, Va. — Kap. 4. Die physische Beschaffenheit des Planetensystems. Von K. Graff-Wien. — Kap. 5. Kometen und Meteore. Von A. Kopff-Berlin-Dahlem. — **Band V:** Kap. 1. Klassifizierung und Beschreibung der Sternspektren. Von Fr. Becker-Bonn. — Kap. 2. Zur Statistik der Spektraltypen. Von Fr. Becker-Bonn. — Kap. 3. Die Temperaturen der Fixsterne. Von W. Becker-Potsdam. — Chapter 4. Luminosities, Colours, Diameters, Densities, Masses of the Stars. By K. Lundmark-Lund. — Chapter 5. Stellar Clusters. By H. Shapley-Cambridge, Mass. — Chapter 6. The Nebulae. By H. D. Curtis-Ann Arbor, Michigan. — Kap. 7. Die Milchstraße. Von B. Lindblad-Stockholm. — **Band VI:** Chapter 1. The Radial Velocities of the Stars. By K. G. Malmquist-Stockholm. — Kap. 2. Die veränderlichen Sterne. Von H. Ludendorff-Potsdam. — Chapter 3. Novae. By F. J. M. Stratton-Cambridge. — Kap. 4. Doppelsterne. Von W. Rabe-München. — Erläuterungen zu den Abkürzungen. — Sachverzeichnis zu Band I—VII.

*Die übrigen Bände:*

Band I: **Grundlagen der Astrophysik.** I. Teil. Mit 299 Abbildungen. XII, 564 Seiten. 1933. RM 96.—; gebunden RM 99.—

Band II: **Grundlagen der Astrophysik.** II. Teil. 1. Hälfte. Mit 134 Abbildungen. XI, 430 Seiten. 1929. RM 59.40; gebunden RM 62.10

2. Hälfte. Mit 85 Abbildungen. VII, 322 Seiten. 1931. RM 48.60; gebunden RM 51.48

Band III: **Grundlagen der Astrophysik.** III. Teil. 1. Hälfte. Mit 44 Abbildungen. X, 473 Seiten. 1930. RM 66.60; gebunden RM 69.30

2. Hälfte. Mit 131 Abbildungen. VIII, 358 Seiten. 1930. RM 52.92; gebunden RM 55.80

Band IV: **Das Sonnensystem.** Mit 221 Abbildungen. VIII, 501 Seiten. 1929. RM 68.40; gebunden RM 70.92

Band V: **Das Sternsystem.** I. Teil. 1. Hälfte. Mit 173 Abbildungen. X, 574 Seiten. 1932. RM 96.—; gebunden RM 99.—

2. Hälfte: Mit 118 Abbildungen und 2 Tafeln. X, 582 Seiten. 1933. RM 96.—; gebunden RM 99.—

Band VI: **Das Sternsystem.** II. Teil. Mit 123 Abbildungen. IX, 474 Seiten. 1928. RM 59.40; gebunden RM 61.83

*Jeder Band ist einzeln käuflich, Bandteile werden nicht einzeln abgegeben.*

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN


*Hierzu eine Beilage vom Verlag Julius Springer.*

Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5. Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Printed in Germany.